MAX

3 B

NOVA

VMBO-B

Nask 1

Natuurkunde



NAAM EN KLAS:

MALMBERG

NOVA

3 VMBO-B deel B

Nask 1

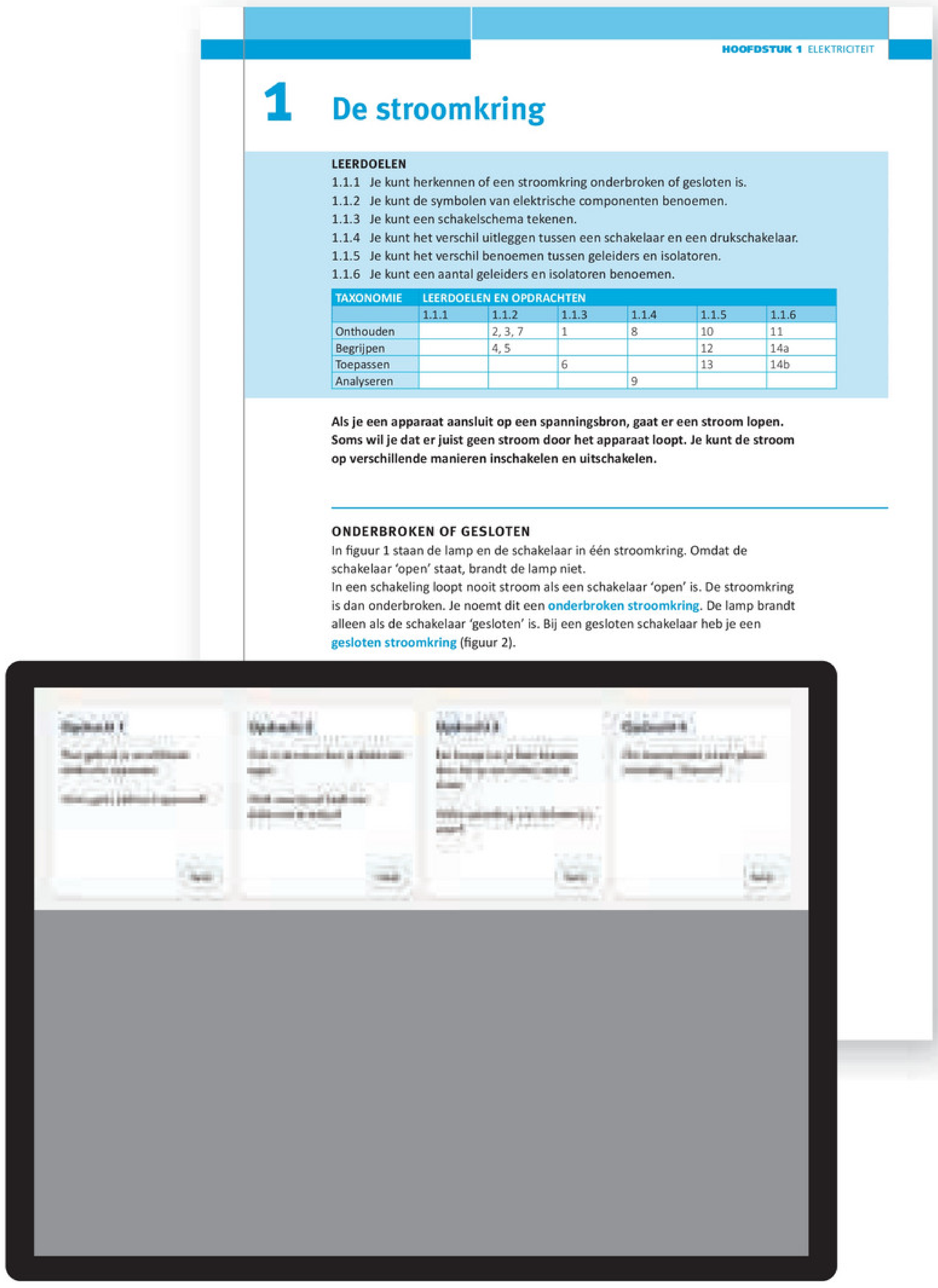
Auteurs
S. Michon
J. van Gemert
T. Jacobs
T. Seynaeve

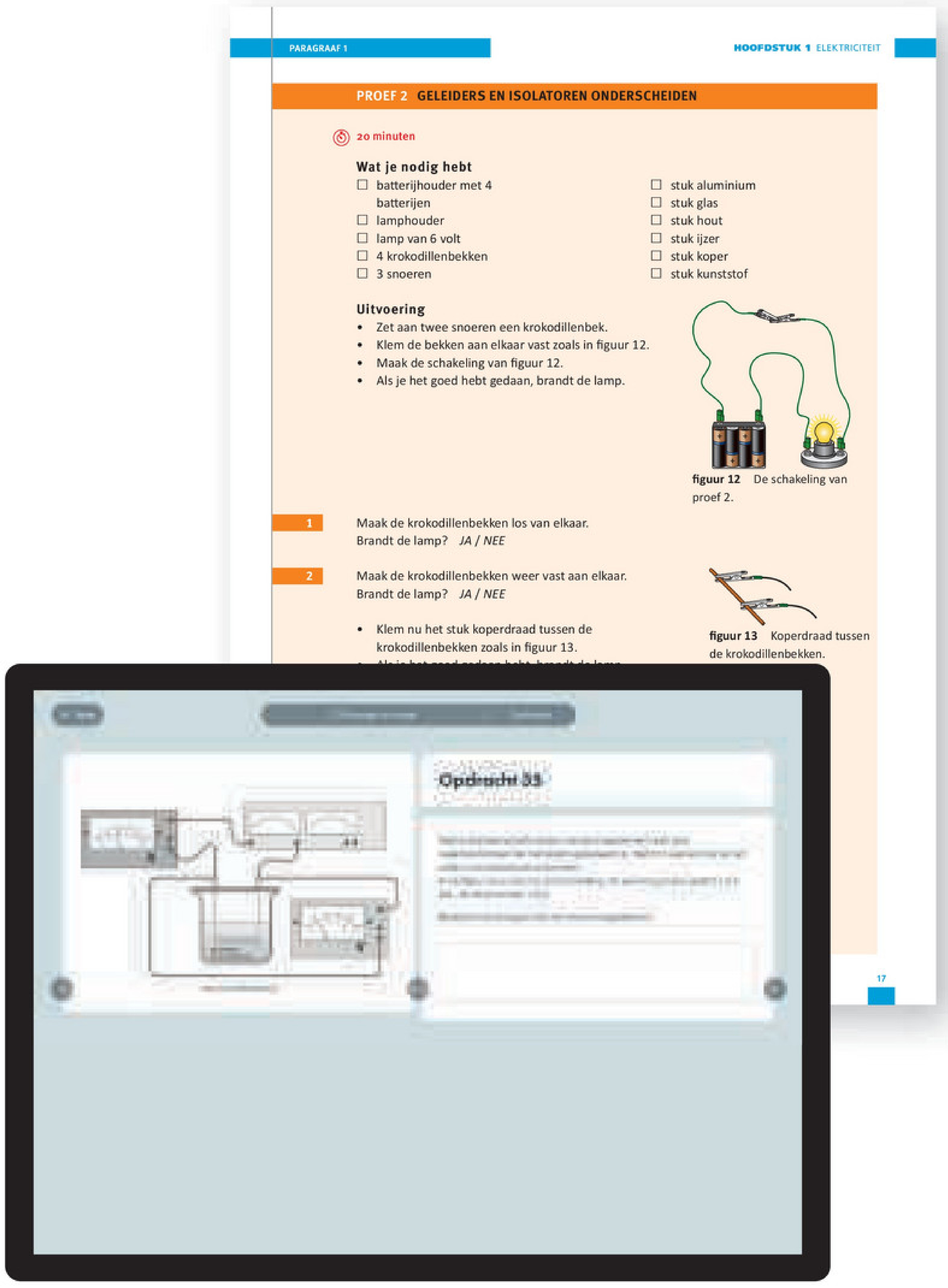
MAX Release 2021

www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?
Natuurkunde gaat over de wereld om je heen. Met *Nova* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!





Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je leraar kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in een Introductie waarin je je voorkennis test, Theorieparagrafen en een Afsluiting. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren en op welk taxonomieniveau je het geleerde oefent bij de opdrachten. Aan het einde van elke paragraaf staat Onthoud. Dat zijn de belangrijkste dingen die je in de paragraaf leert. In de proeven moet je zelf dingen doen en ontdekken. In de Afsluiting vind je de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

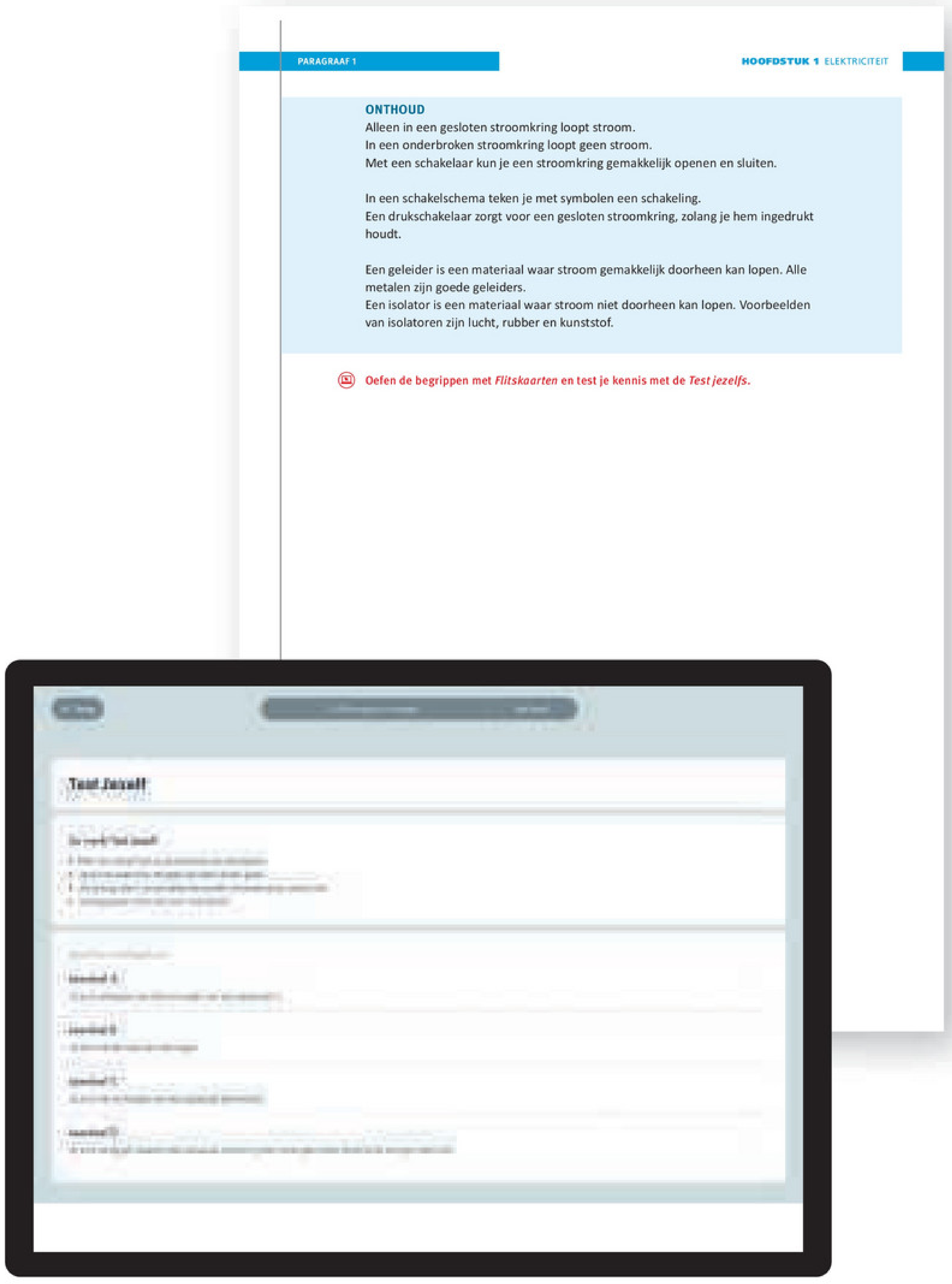
- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je test je voorkennis met de *Voorkennistoets*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf* en *Oefentoets*.
- Je leraar volgt hoe je het doet.

Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je schrijft je berekeningen op.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Goede voorbereiding op de toets

In de Afsluiting in het boek vind je in elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets. In de online paragraaf Afsluiting vind je *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan aan het einde van elke paragraaf de *Test jezelf* of *Oefentoets*.





Betekenis symbolen

- Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.
- Met dit practicum ben je zo lang bezig.
- Deze opdracht biedt extra uitdaging.
- Deze opdracht maak je het best in het boek.

Inhoud Deel A

Inhoud Deel B

4 Krachten

KRACHTEN OM JE HEEN
Er zijn allerlei soorten krachten. Spierkracht is waarschijnlijk de meest bekende kracht. Spierkracht speelt een rol bij alle bewegingen die je doet. Zeker ook bij het sporten.



INTRODUCTIE

THEORIE

AFSLUITING



Wat weet je al over massa?

LEERDOELEN
1 Je kunt uitleggen wat met de massa van een stof wordt bedoeld.
2 Je kunt kilogram en gram naar elkaar omrekenen.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over massa geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Wesley stapt op een weegschaal (figuur 1).
Hoeveel geeft de weegschaal aan?

De weegschaal geeft .... kilogram aan.



figuur 1 Wesley op de weegschaal.

2 Om de massa van een voorwerp te bepalen, heb je een *MAATCILINDER* / *WEEGSCHAAL* nodig.
Voorwerpen met een grote massa *ZIJN ZWAARDER* / *NEMEN MEER RUIMTE IN* dan voorwerpen met een kleine massa.
Je meet de grootheid massa in de eenheid *KILOGRAM* / *LITER*.

3 Massa en gewicht zijn verschillende namen voor *DEZELFDE GROOTHEID* / *VERSCHILLENDE GROOTHEDEN*.

4 Schrijf '200 gram' korter op: ....

12 kilogram kort je af als: ....

5 Reken om van kilogram naar gram.

2 kg = ... g

0,5 kg = ... g

2,5 kg = ... g

6 Reken om van gram naar kilogram.

4000 g = ... kg

1500 g = ... kg

9700 g = ... kg

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Soorten krachten

LEERDOELEN

4.1.1 Je kunt de effecten van een kracht benoemen.
4.1.2 Je kunt verschillende soorten krachten herkennen.
4.1.3 Je kunt de werking en toepassing van verschillende soorten krachten beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	4.1.1	4.1.2	4.1.3
Onthouden	1, 2, 3, 5, 6	10, 24	11, 16, 17, 19, 20, 21, 22
Begrijpen	4		12, 18, 23
Toepassen	7, 8, 9	25	13, 14, 15
Analyseren			

Als je met spierkracht een tennisracket tegen een bal slaat, verandert de bal van richting en van snelheid. Ook de vorm van de bal verandert heel even.

EFFECT VAN KRACHTEN

De volleyballer in figuur 1 slaat met kracht tegen de bal. Die kracht kun je niet zien. Je ziet wel de **effecten van de kracht**:

- door de kracht verandert de richting van de bal, want de bal gaat de andere kant op;
- door de kracht verandert ook de snelheid van de bal. Hoe harder de slag, hoe sneller de bal wegvliegt;
- ook de vorm van de bal verandert, want de kracht maakt een deuk in de bal. Deze deuk veert er vanzelf weer uit.



figuur 1 Bij een smash veranderen de richting, de snelheid en de vorm van de bal.

1 Een kracht kun je *WEL* / *NIET* zien.

2 Van een kracht kun je vaak *WEL* / *NIET* het effect zien.

3 Welke drie effecten kan een kracht op een voorwerp hebben?

....

....

....

....

....

4 Wanda neemt een hoekschop. Hania kopt de bal in het doel.
Wat verandert er bij de bal als Hania kopt?

- ○ A de richting en de snelheid
- ○ B de richting en de vorm
- ○ C de snelheid en de vorm
- ○ D de snelheid, de richting en de vorm

5 Hoe kun je een bal een grote snelheid geven?
Door *HARD* / *ZACHT* tegen de bal te trappen.

6 Gebruik je bij het voetballen altijd even grote krachten?
De krachten zijn *WEL* / *NIET* altijd even groot.

7 Op de kermis rijd je in een botsauto. Je vriend rijdt in een andere botsauto.
Wat verandert er als jullie auto’s botsen?

- ○ A de richting en de snelheid
- ○ B de richting en de vorm
- ○ C de snelheid en de vorm
- ○ D de snelheid, de richting en de vorm

8 Twee mannen doen aan ‘handje drukken’.
Wie van de twee mannen zal de wedstrijd winnen?
De man die de *GROOTSTE* / *KLEINSTE* kracht heeft.

9 In tabel 1 staat een aantal sporten. Bij al deze sporten heb je met kracht te maken.
Heb je bij de sporten te maken met een grote kracht of met een kleine kracht?
Zet steeds een kruisje in de juiste kolom.

tabel 1 Kruis aan of de kracht groot of klein is.

sport	grote kracht	kleine kracht
een damsteen verplaatsen bij het dammen		
een raceauto die hard tegen de vangrail botst		
worstelen		
boksen		
een balletje van tafeltennis oprapen		
touwtrekken		
gewichtheffen		
de kracht van de motor bij motorracen		
bergbeklimmen met veel bagage		
schaakstukken verzetten bij het schaken		
kogelstoten		

SPIERKRACHT EN VEERKRACHT

Je hebt verschillende soorten krachten. Aan de naam van de kracht zie je meestal wat voor kracht het is. Voorbeelden zijn:

- spierkracht;
- veerkracht;
- spankracht;
- zwaartekracht;
- magnetische kracht.

Spierkracht is de kracht van mensen en dieren. Deze kracht komt uit de spieren. Om een bal weg te slaan, heb je spierkracht nodig (figuur 2). Ook om iets te dragen, is spierkracht nodig (figuur 3).

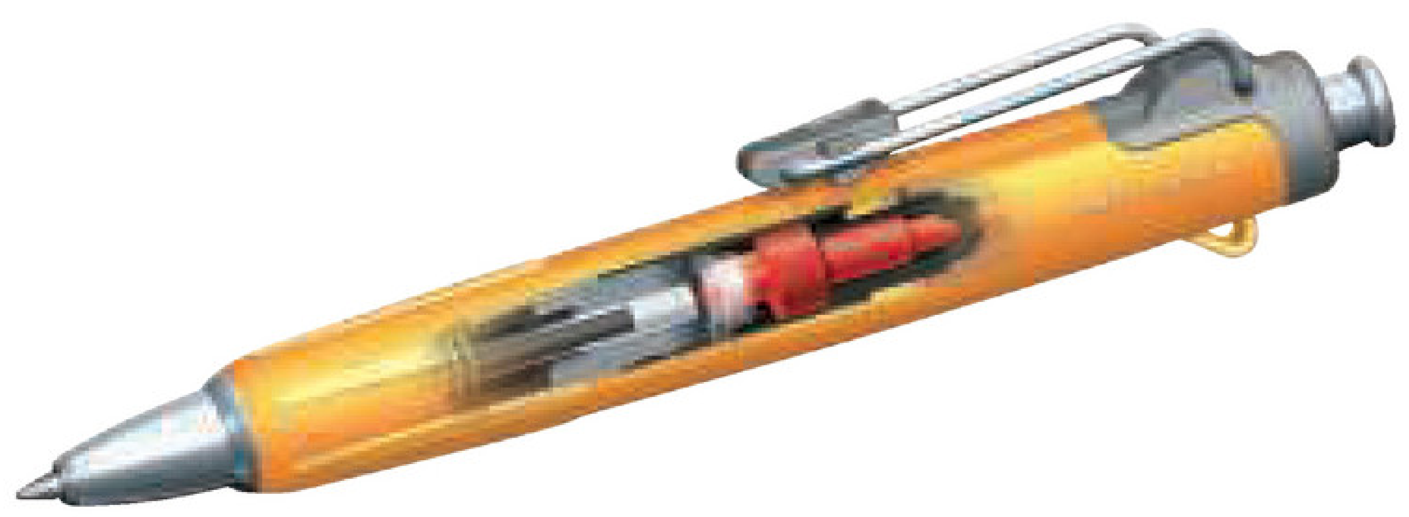


figuur 2 Een tennisser gebruikt zijn spierkracht om de tennisbal naar zijn tegenspeler te slaan.



figuur 3 De ezels dragen de zakken met hun spierkracht.

Als je een balpen indrukt, voel je de spiraalveer via het knopje terugduwen tegen je duim (figuur 4). Deze kracht noem je **veerkracht**. Veerkracht ontstaat als je een veerkrachtig materiaal uitrekt of indrukt. De veerkracht verdwijnt weer als het materiaal zijn oude vorm terugkrijgt. Veerkracht is een eigenschap van een materiaal of een voorwerp. Andere voorbeelden van veerkrachtige materialen zijn rubber en elastiek (figuur 5). Een steen is een voorbeeld van een voorwerp dat geen veerkracht heeft.



figuur 4 Als je een balpen indrukt, voel je de veerkracht.



figuur 5 Bij het fitnessen druk je de fitnessbal in. Als je er geen kracht meer op uitoefent, dan keert de oude vorm terug.

10 Is er maar één soort kracht?

- ○ A Ja, alle krachten zijn hetzelfde.
- ○ B Nee, er zijn verschillende soorten krachten.

11 Wie of wat kunnen spierkracht uitoefenen?

- ○ A dieren en machines
- ○ B dieren en mensen
- ○ C mensen en machines
- ○ D mensen, dieren en machines

12 Veerkracht is *WEL* / *NIET* een eigenschap van een materiaal of van een voorwerp.

13 Kies bij de acht voorwerpen de juiste eigenschap.

baksteen	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
duikplank	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
fietsband	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
glazen fles	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
opgeblazen ballon	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
voetbal	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
winkelruit	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*
zadel van een scooter	*NIET VEERKRACHTIG* / *VEERKRACHTIG*

14 Sommige mensen hebben nog een ouderwetse wekker (figuur 6).
Die wekker moet je aan de achterkant met een sleuteltje opdraaien.
De wekker loopt *WEL* / *NIET* op veerkracht.



figuur 6 De binnenkant van een ouderwetse wekker.

★ 15 Janine doet krachtoefeningen voor haar handen (figuur 7). Dat doet zij om haar spieren sterk te houden.
In het apparaat zitten veren die door Janine moeten worden gespannen.
Het spannen van de veren gebeurt door de

.... van Janine.

Als Janine het apparaat loslaat, worden de veren weer

langer door de ....



figuur 7 Spieren oefenen kost kracht.

SPANKRACHT EN ZWAARTEKRACHT

Spankracht maak je in een touw, kabel of ketting. Als je aan een touw trekt, gaat het touw strak staan. In het touw heb je nu spankracht. Kijk naar figuur 8. Het touw om de planken is strak aangetrokken. De spankracht in het touw houdt de planken nu stevig bij elkaar.

Zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde voorwerpen aantrekt (figuur 9). De zwaartekracht hangt af van de massa die een voorwerp heeft. Hoe meer massa een voorwerp heeft, hoe groter de zwaartekracht op het voorwerp. Zwaartekracht werkt op alle voorwerpen. Alle voorwerpen vallen naar de aarde als ze in de lucht worden losgelaten.



figuur 8 De spankracht in het touw houdt de planken bij elkaar.



figuur 9 Als je mobiel op het asfalt valt, dan komt dat door de zwaartekracht.

16 Door spankracht gaat een touw *SLAP HANGEN* / *STRAK STAAN*.

17 In een touw kan spankracht voorkomen.
Schrijf nog twee voorwerpen op waarin spankracht kan voorkomen.

....

18 Een auto is geslipt en in een sloot terechtgekomen. Met een trekker wordt de auto uit de sloot getrokken.
Welke kracht werkt in de kabel tussen de auto en de trekker?

- ○ A spankracht
- ○ B spierkracht
- ○ C veerkracht
- ○ D zwaartekracht

19 Zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde voorwerpen *AANTREKT* / *WEGDUWT*.

20 Zwaartekracht hangt *WEL* / *NIET* af van de massa die een voorwerp heeft.

MAGNETISCHE KRACHT

Magnetische kracht is de kracht die een magneet uitoefent op een andere magneet. Een magneet kan ook een magnetische kracht uitoefenen op een voorwerp dat is gemaakt van ijzer of nikkel.
Twee magneten kunnen elkaar aantrekken of afstoten. Voorwerpen van ijzer en nikkel worden altijd door een magneet aangetrokken.

Een kastdeur met een magneetslot werkt met magnetische kracht (figuur 10). De kracht van de magneet houdt de kastdeur dicht.



figuur 10 Dit magneetslot monteer je op een kastdeur.

PROEF 1 MAGNEETKRACHT AANTONEN

15 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ 2 staafmagneten
- ☐ hoefmagneet

Uitvoering

- Leg een staafmagneet voor je op tafel.
- Neem de andere staafmagneet in je hand.
- Houd de rode kant van de magneet in je hand bij de rode kant van de magneet op tafel.

1 De magneet op tafel wordt *AANGETROKKEN* / *AFGESTOTEN*.

- Houd de witte kant van de magneet in je hand bij de witte kant van de magneet op tafel.

2 De magneet op tafel wordt *AANGETROKKEN* / *AFGESTOTEN*.

- Houd de witte kant van de magneet in je hand bij de rode kant van de magneet op tafel.

3 De magneet op tafel wordt *AANGETROKKEN* / *AFGESTOTEN*.

- Neem één magneet in je linkerhand en één in je rechterhand.
- Laat de noordpolen (rood) naar elkaar toe wijzen.
- Duw de noordpolen tegen elkaar.

4 Wat voel je?

○ A De noordpolen stoten elkaar af.
○ B De noordpolen trekken elkaar aan.

- Laat de zuidpolen (wit) naar elkaar toe wijzen.
- Duw de zuidpolen tegen elkaar.

5 Wat voel je?

○ A De zuidpolen stoten elkaar af.
○ B De zuidpolen trekken elkaar aan.

- Laat nu een noordpool en een zuidpool naar elkaar toe wijzen.
- Beweeg de noordpool en de zuidpool naar elkaar toe.

6 Wat voel je?
○ A De noordpool en de zuidpool stoten elkaar af.
○ B De noordpool en de zuidpool trekken elkaar aan.

- Pak de hoefmagneet en één staafmagneet.
- Houd de noordpool van de staafmagneet bij de noordpool van de hoefmagneet.
- Duw de noordpolen van de magneten tegen elkaar.
- Doe hetzelfde met de zuidpolen van beide magneten.

7 Wat voel je?
○ A Polen met dezelfde naam stoten elkaar af.
○ B Polen met dezelfde naam trekken elkaar aan.

- Laat de noordpool van de staafmagneet naar de zuidpool van de hoefmagneet wijzen.
- Houd de polen van de magneten tegen elkaar.
- Laat de zuidpool van de staafmagneet naar de noordpool van de hoefmagneet wijzen.
- Houd de polen van de magneten tegen elkaar.

8 Wat voel je?
○ A Polen met verschillende namen stoten elkaar af.
○ B Polen met verschillende namen trekken elkaar aan.

- Ruim alles netjes op.

21 De kracht die een magneet uitoefent op een andere magneet noem je

....

22 Twee magneten kunnen elkaar aantrekken. Een magneet trekt ook ....

en .... aan.

23 Bij een kastdeur met een magneetslot heb je *WEL* / *NIET* een sleutel nodig om de kastdeur dicht te doen.

24 In de leerstof zijn vijf soorten krachten genoemd. De eerste was spierkracht.
Schrijf de andere vier soorten krachten op.

1 spierkracht

2 ....

3 ....

4 ....

5 ....

★ 25 In tabel 2 staan vijf zinnen. In elke zin werken twee krachten. Elke kracht die je hebt geleerd, komt voor.
Schrijf in tabel 2 bij elke zin de juiste krachten.

tabel 2 Verschillende soorten krachten.

dit gebeurt er	soort kracht
Micha draagt een zware koffer.	
Een spijker blijft aan een magneet hangen.	
Erwin schiet met een elastiekje een propje weg.	
Een takelwagen takelt een auto op.	
De groenteboer tilt een zak met aardappels op.	

ONTHOUD

Een kracht kun je niet zien. Je ziet wel het effect van een kracht.
Een kracht kan de richting, de snelheid en de vorm van een voorwerp veranderen.

Er zijn verschillende soorten krachten. Voorbeelden zijn:

- spierkracht;
- veerkracht;
- spankracht;
- zwaartekracht;
- magnetische kracht.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Krachten tekenen

LEERDOELEN

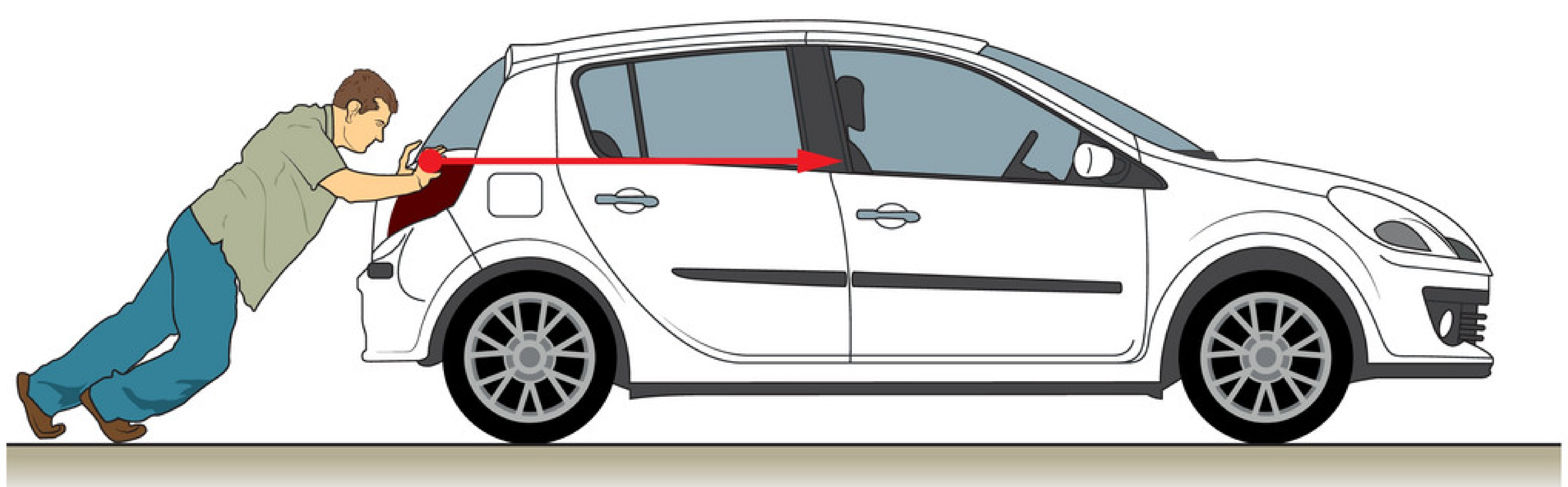
4.2.1 Je kunt de drie onderdelen van een krachtpijl benoemen.
4.2.2 Je kunt de eenheid van kracht benoemen.
4.2.3 Je kunt uitleggen wat een krachtenschaal is.
4.2.4 Je kunt de grootte van een kracht berekenen met de krachtenschaal.
4.2.5 Je kunt een kracht tekenen door gebruik te maken van de krachtenschaal.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	4.2.1	4.2.2	4.2.3	4.2.4	4.2.5
Onthouden	1, 7	2, 3, 4	8, 9, 10		
Begrijpen		5		11, 12, 13	15, 16, 17
Toepassen	6abc			14abc	18abcdef
Analyseren					

Een kracht kun je niet zien. Maar je kunt een kracht wel tekenen.

EEN PIJL VOOR EEN KRACHT

In een tekening kun je laten zien waar een kracht werkt. In figuur 1 zie je een rode pijl. De pijl stelt de kracht voor van de man die duwt. Het begin van de pijl is de plaats waarop de kracht werkt. Die plaats noem je het **aangrijpingspunt** van de kracht.



figuur 1 De pijl staat voor de spierkracht van de man op de auto.

De pijl laat de richting van de kracht zien. De pijl wijst naar de voorkant van de auto, dus de man duwt de auto vooruit. De lengte van de pijl laat de grootte van de kracht zien. Een korte pijl betekent een kleine kracht. Een lange pijl betekent een grote kracht.
Met een krachtpijl kun je dus het volgende aangeven:

- de plaats waarop de kracht werkt;
- de richting van de kracht;
- de grootte van de kracht.

EENHEID VAN KRACHT

Bij een kleine, lichte auto duwt de man niet hard. Bij een zware auto moet hij harder duwen. Zijn kracht is dan groter. Hoe groot een kracht is, geef je aan in **newton**. Newton is de eenheid van kracht. 1 newton kort je af als 1 N.

In de natuurkunde schrijf je een kracht als ***F***. Dit is het symbool voor kracht. De *F* komt van *force* (het Engelse woord voor kracht).
Je zegt bijvoorbeeld: de kracht is 700 newton.
Je schrijft: *F* = 700 N.

1 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *aangrijpingspunt – begin – grootte – kleine – pijl – richting*.

In een tekening kun je met een .... laten zien waar een kracht werkt. Het .... van de pijl is de plaats waarop de kracht werkt. Die plaats noem je het .... van de kracht.

De pijl wijst in de .... van de kracht. De lengte van de pijl laat de .... van de kracht zien. Een korte pijl betekent een .... kracht.

2 De eenheid van kracht is ....

3 1 newton kort je af als ....

4 In de natuurkunde gebruik je een symbool om een kracht aan te geven.

Het symbool voor kracht is ....

5 Een kracht heeft een grootte van 800 newton.
Hoe schrijf je dat op met de afkortingen voor kracht en voor newton?

....

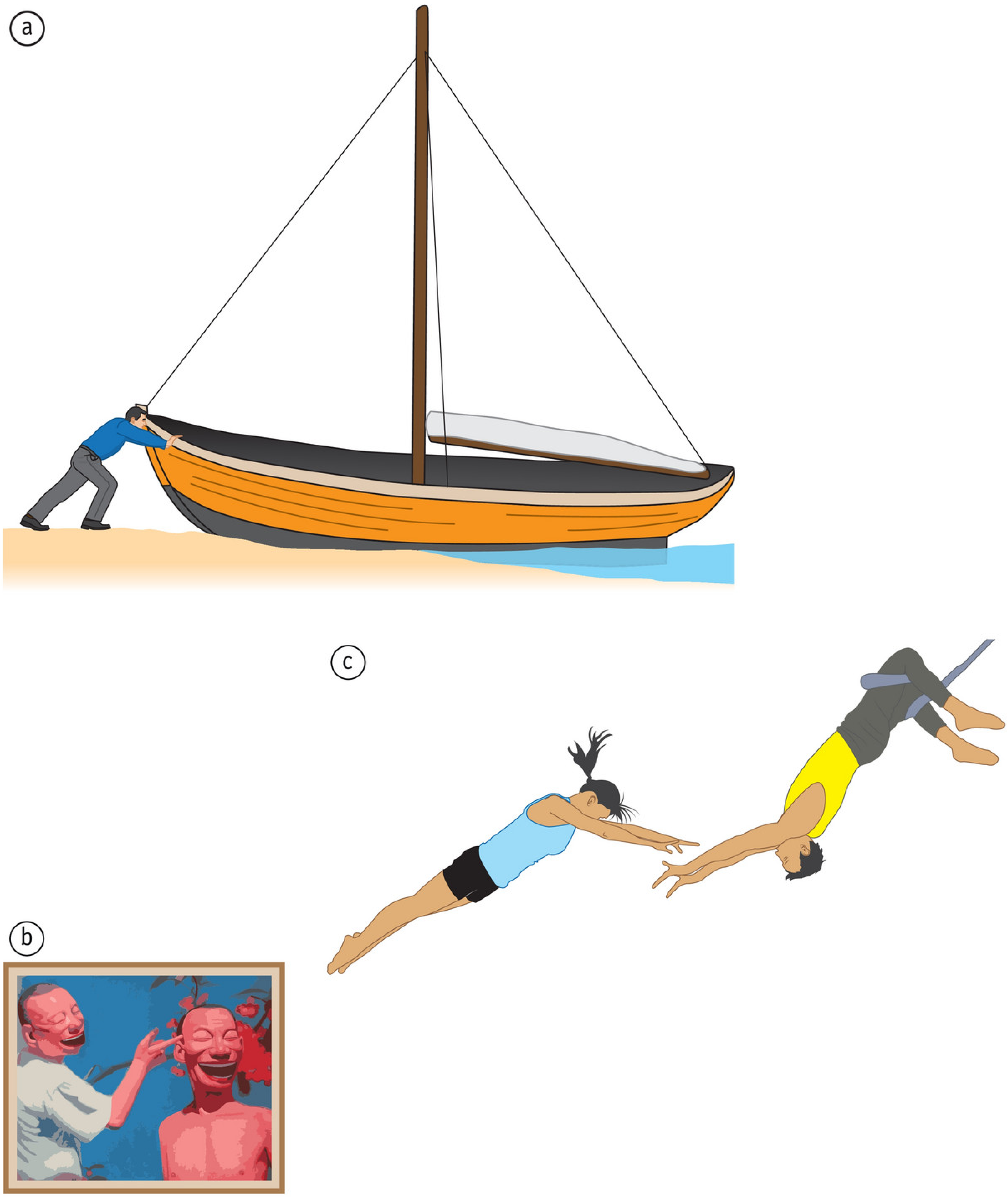
6 In figuur 2 zijn drie situaties getekend waarin krachten werken.

a Teken de kracht die de man op de boot uitoefent als een pijl van 3 cm (naar rechts).

b Teken de kracht die het touw op het schilderij uitoefent als een pijl van 4 cm (omhoog).

c Teken de kracht die de aarde op de linker acrobaat uitoefent als een pijl van 4 cm (omlaag).

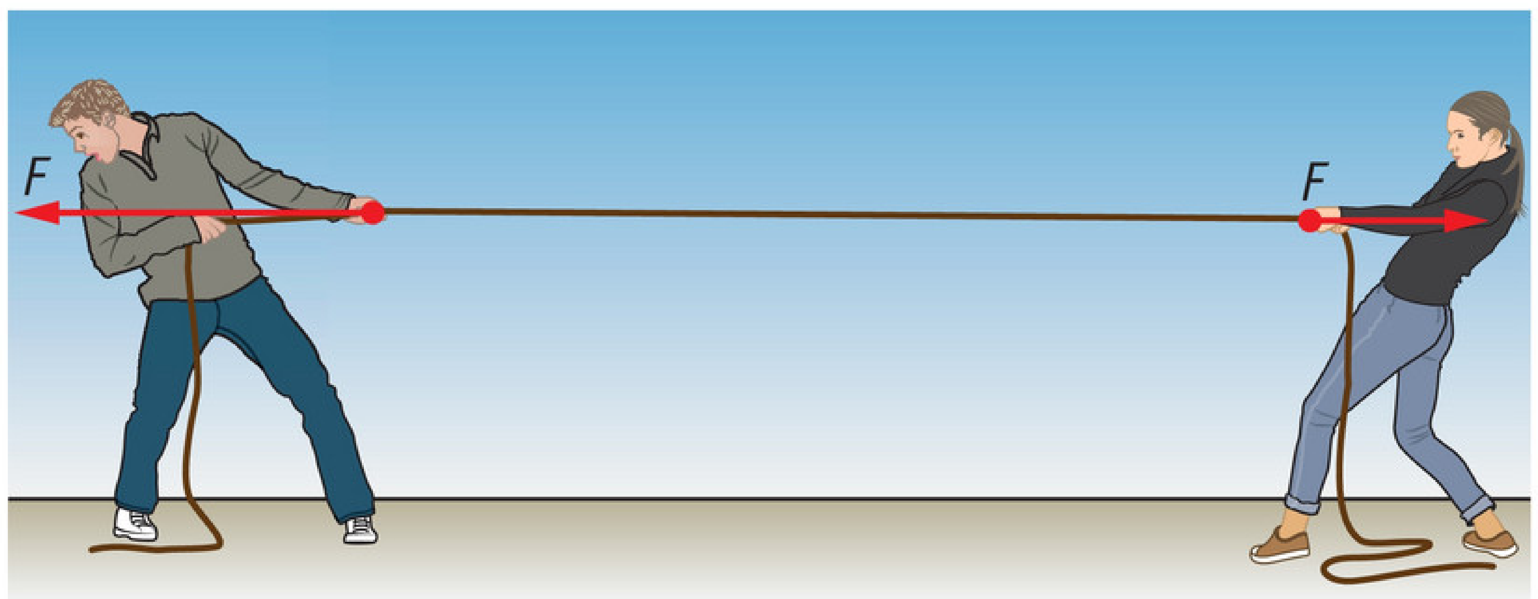
figuur 2 Drie soorten krachten.



KRACHTENSCHAAL

Een kracht teken je met een pijl. Bij de pijl schrijf je een *F*. Daarmee laat je zien dat de pijl een kracht voorstelt. De grootte van de kracht kun je zien aan de lengte van de pijl.

Twee kinderen zijn aan het touwtrekken. Je maakt een tekening. Met de lengte van de pijl laat je zien dat de ene kracht groter is dan de andere kracht (figuur 3).



figuur 3 Misschien zie je al wie er wint.

Een klasgenoot ziet jouw tekening. Hij wil weten met hoeveel kracht de kinderen trekken. Hij moet dan weten wat jij bedoelt met de lengte van je pijl. In dit geval bedoel je met 1 cm van de pijl 50 N.
Je zegt: 1 cm komt overeen met 50 N.
Dit noem je de **krachtenschaal**. De krachtenschaal is de afspraak over de kracht en de lengte van de pijl.

Je kunt de krachtenschaal korter schrijven.
Je zegt: 1 cm komt overeen met 50 newton.
Je schrijft: 1 cm ≙ 50 N.
Dus ≙ betekent: komt overeen met.

De pijl bij de jongen is 2,0 cm. De krachtenschaal is: 1 cm ≙ 50 N. Je kunt berekenen met welke kracht de jongen trekt. Daarvoor gebruik je een verhoudingstabel.

Plaats de gegevens in de verhoudingstabel. In de tweede kolom vul je de krachtenschaal in. In de derde kolom vul je de lengte van de pijl in.

×

lengte (cm)	1	2,0
kracht (N)	50	

×

Reken dan uit hoeveel newton een pijl van 2 cm is.

× 2,0

lengte (cm)	1	2,0
kracht (N)	50	100

× 2,0

Met een krachtenschaal van 1 cm ≙ 50 N stelt een pijl van 2,0 cm een kracht voor van 100 N.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Je hebt een pijl getekend van 4,5 cm. Als krachtenschaal gebruik je: 1 cm ≙ 20 N.
Bereken hoe groot de kracht is die je hebt getekend.

gegevens — lengte van de pijl = 4,5 cm
krachtenschaal 1 cm ≙ 20 N

gevraagd — kracht = ?

uitwerking — Plaats de gegevens in de verhoudingstabel. In de tweede kolom vul je de krachtenschaal in. In de derde kolom vul je de lengte van de pijl in.

×

lengte (cm)	1	4,5
kracht (N)	20	...

×

Reken dan uit hoeveel newton een pijl van 4,5 cm is.

×4,5

lengte (cm)	1	4,5
kracht (N)	20	90

×4,5

De kracht die je hebt getekend is 90 N.

7 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *F – kracht – lengte – pijl*.

Een kracht teken je met een .... Bij de pijl schrijf je een ....

Daarmee laat je zien dat de pijl een .... voorstelt. De grootte van de

kracht kun je zien aan de .... van de pijl.

8 Hoe heet de afspraak over de kracht en de lengte van de pijl? ....

9 Wat betekent het teken ≙? ....

10 Je kunt de krachtenschaal korter opschrijven.
Je zegt bijvoorbeeld: 1 centimeter komt overeen met 50 newton.

Hoe schrijf je dit zo kort mogelijk op? Je schrijft: ....

11 Je hebt een pijl getekend van 4 cm. Als krachtenschaal gebruik je:
1 cm komt overeen met 10 N.
Hoe groot is de kracht die je hebt getekend?

gegevens lengte van de pijl = ... cm

krachtenschaal 1 cm ≙ .... N

gevraagd kracht = ?

uitwerking

× 4

lengte (cm)	1	
kracht (N)	10	

× 4

De kracht die je hebt getekend hebt is .... N.

12 Je hebt een pijl getekend van 5,4 cm. Als krachtenschaal gebruik je: 1 cm ≙ 5 N.
Hoe groot is de kracht die je hebt getekend?

gegevens lengte van de pijl = ...

krachtenschaal ....

gevraagd kracht = ?

uitwerking

×

lengte (cm)	1	
kracht (N)	5	

×

De kracht die je hebt getekend is .... N.

13 Je hebt een pijl getekend van 4,8 cm. Als krachtenschaal gebruik je:
1 cm ≙ 1500 N.
Hoe groot is de kracht die je hebt getekend?

gegevens ....

....

gevraagd kracht = ?

uitwerking

×

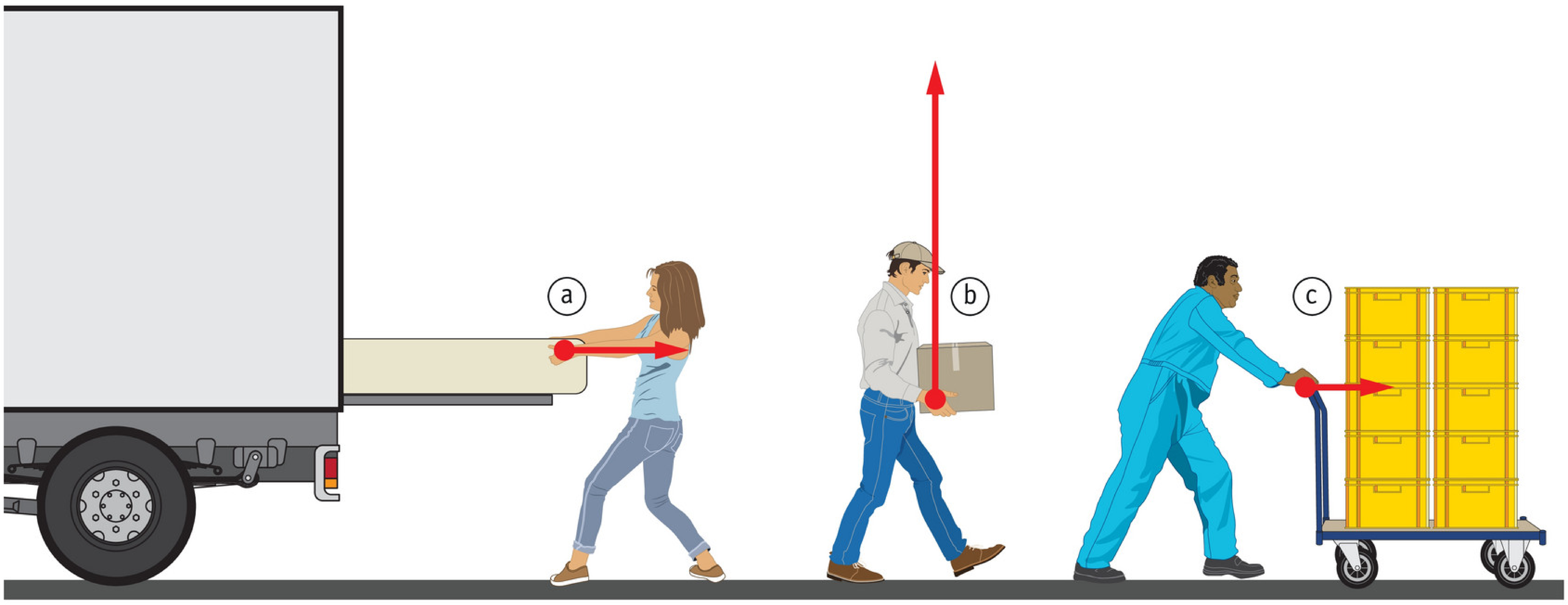
lengte (cm)		
kracht (N)		

×

De kracht die je hebt getekend is .... N.

★ **14** In figuur 4 zijn drie krachten getekend. De krachtenschaal is: 1 cm ≙ 80 N.
Meet de pijlen en bereken hoe groot elke kracht is.

figuur 4 Om te verhuizen is kracht nodig.



a kracht a (links):

gegevens lengte van de pijl = ...

krachtenschaal ....

gevraagd kracht = ?

uitwerking

×

lengte (cm)	1	
kracht (N)	80	

×

Kracht a is .... N.

b kracht b (midden):

gegevens lengte van de pijl = ...

krachtenschaal ....

gevraagd kracht = ?

uitwerking

×

lengte (cm)		
kracht (N)		

×

Kracht b is .... N.

c Kracht c (rechts):

gegevens lengte van de pijl = ...

krachtenschaal ....

gevraagd kracht = ?

uitwerking

lengte (cm)			
kracht (N)			

Kracht c is .... N.

EEN KRACHT TEKENEN

Je moet een kracht tekenen van 350 N. De krachtenschaal is: 1 cm ≙ 100 N. Je kunt berekenen hoe lang de pijl moet zijn. Daarvoor gebruik je een verhoudingstabel.

Plaats de gegevens in de verhoudingstabel. In de tweede kolom vul je de krachtenschaal in. In de vierde kolom vul je de kracht in die je wilt tekenen.

		:	×
lengte (cm)	1		
kracht (N)	100		350
		:	×

Reken eerst uit hoeveel cm een kracht van 1 N is. Reken dan uit hoeveel cm een kracht van 350 N is.

		: 100	×350
lengte (cm)	1	0,01	3,5
kracht (N)	100	1	350
		: 100	×350

Met een krachtenschaal van 1 cm ≙ 100 N teken je de kracht van 350 N als een pijl van 3,5 cm.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Je wilt een kracht tekenen van 68 N. Je kiest als krachtenschaal: 1 cm ≙ 20 N.
Hoe lang moet de pijl zijn?

gegevens — kracht = 68 N
krachtenschaal 1 cm ≙ 20 N

gevraagd — lengte van de pijl = ?

uitwerking — Plaats de gegevens in de verhoudingstabel. In de tweede kolom vul je de krachtenschaal in. In de vierde kolom vul je de kracht in die je wilt tekenen.

	:	×	
lengte (cm)	1		
kracht (N)	20		68
	:	×	

Reken eerst uit hoeveel cm een kracht van 1 N is. Reken dan uit hoeveel cm een kracht van 68 N is.

	: 20	× 68	
lengte (cm)	1	0,05	3,4
kracht (N)	20	1	68
	: 20	× 68	

Je tekent de pijl 3,4 cm lang.

15 Je moet een kracht tekenen van 900 N. Je kiest als krachtenschaal: 1 cm ≙ 200 N.
Hoe lang moet je de pijl tekenen?

gegevens — kracht = ... N

krachtenschaal: .... cm ≙ .... N

gevraagd — lengte van de pijl = ?

uitwerking

	:	×	
lengte (cm)	1		
kracht (N)	200	1	900
	: 200	× 900	

Je tekent de pijl .... cm lang.

16 Je moet een kracht tekenen van 650 N. De krachtenschaal is: 1 cm ≙ 100 N.
Hoe lang moet je de pijl tekenen?

gegevens kracht = ... N

krachtenschaal: .... cm ≙ .... N

gevraagd lengte van de pijl = ?

uitwerking

lengte (cm)	1		
kracht (N)	100	1	650

Je tekent de pijl .... cm lang.

17 Je wilt een kracht tekenen van 18 N. Je kiest als krachtenschaal: 1 cm ≙ 5 N.
Reken uit hoe lang de pijl moet worden.

gegevens ....

....

gevraagd ....

uitwerking

lengte (cm)			
kracht (N)			

Je tekent de pijl .... cm lang.

★ 18 In de tekeningen van figuur 5 is de rode stip steeds het aangrijpingspunt van de kracht. Vanaf de rode stip moet je dus de kracht tekenen. Teken de kracht in de juiste richting.

a Teken in figuur 5a de zwaartekracht op de baby. Vul eerst de verhoudingstabel in om de juiste lengte te berekenen.

lengte (cm)			
kracht (N)			

b Teken in figuur 5b de spierkracht op de koffer. Vul eerst de verhoudingstabel in om de juiste lengte te berekenen.

lengte (cm)			
kracht (N)			

c Teken in figuur 5c de zwaartekracht op de bloempot. Vul eerst de verhoudingstabel in om de juiste lengte te berekenen.

lengte (cm)			
kracht (N)			

d Teken in figuur 5d de spierkracht op de piano. Vul eerst de verhoudingstabel in om de juiste lengte te berekenen.

lengte (cm)			
kracht (N)			

figuur 5 Teken de krachten op de juiste schaal.



(a) De zwaartekracht op de baby is 75 N. 1 cm ≙ 100 N

(b) Een koffer optillen met 250 N. 1 cm ≙ 100 N

(c) De zwaartekracht op de bloempot is 36 N. 1 cm ≙ 10 N

(d) Een piano vooruit duwen met 240 N. 1 cm ≙ 200 N

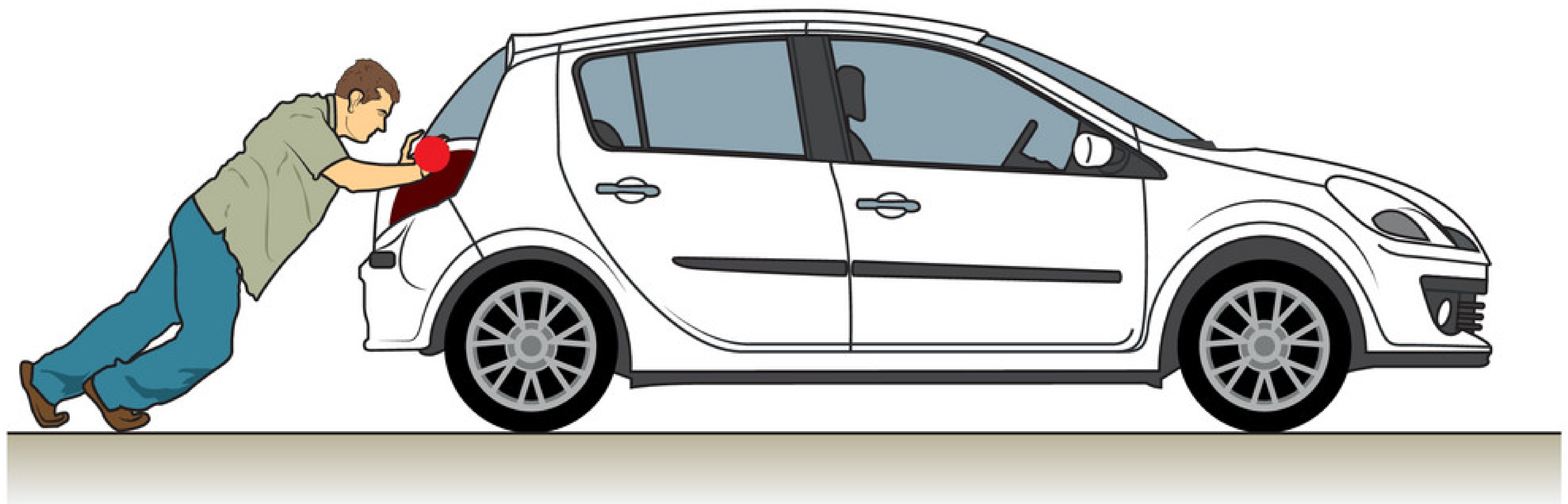
e Teken in figuur 5e de spierkracht op de auto. Vul eerst de verhoudingstabel in om de juiste lengte te berekenen.

lengte (cm)			
kracht (N)			

f Teken in figuur 5f de spankracht op de slee. Vul eerst de verhoudingstabel in om de juiste lengte te berekenen.

lengte (cm)			
kracht (N)			

figuur 5 Teken de krachten op de juiste schaal.



(e) Een auto aanduwen met 450 N. 1 cm ≙ 200 N



(f) Een slee vooruit trekken met 370 N. 1 cm ≙ 100 N

ONTHOUD

Een kracht kun je tekenen als een pijl.
Een kracht heeft een:

- aangrijpingspunt;
- richting;
- grootte.

Het symbool voor kracht is *F*.
De eenheid van kracht is newton.
1 newton kort je af als: 1 N.

De krachtenschaal is de afspraak over de kracht en de lengte van de pijl.
Voorbeeld van een krachtenschaal: 1 cm ≙ 100 N. Je zegt: 1 cm komt overeen met 100 newton.
Een pijl van 1 cm stelt dan een kracht van 100 N voor.

Als je de lengte van de pijl kent en de krachtenschaal, dan kun je de grootte van de kracht berekenen met een verhoudingstabel.
Als je de grootte van de kracht kent en de krachtenschaal, dan kun je de lengte van de pijl berekenen met een verhoudingstabel.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Zwaartekracht

LEERDOELEN

4.3.1 Je kunt uitleggen wat zwaartekracht is.
4.3.2 Je kunt de zwaartekracht berekenen die op een voorwerp werkt.
4.3.3 Je kunt krachten meten met een krachtmeter of veerunster.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	4.3.1	4.3.2	4.3.3
Onthouden	3	1, 2	10, 11
Begrijpen	4	5, 6, 7	12, 13abc
Toepassen		8, 9, 15	14abc
Analyseren			

Om je schooltas op te tillen heb je een kracht nodig. Als je de schooltas loslaat, valt hij omlaag.

ZWAARTEKRACHT EN MASSA

Zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde voorwerpen aantrekt. De zwaartekracht werkt dus altijd naar beneden. Bij alles wat je optilt, voel je deze kracht. Voor het tillen van een krat met volle flessen heb je veel kracht nodig. Als de flessen leeg zijn, heb je minder kracht nodig. De zwaartekracht op de volle krat is dus het grootst.

Om een voorwerp met een massa van 1 kg op te tillen, heb je een kracht nodig van 10 N. De sterkte van de zwaartekracht van de aarde is dus 10 N voor 1 kg. Als je de zwaartekracht op een massa wilt uitrekenen, moet je de massa in kg vermenigvuldigen met de sterkte van de zwaartekracht. Dit schrijf je als de formule:

$$\text{zwaartekracht} = \text{massa} \times \text{sterkte van de zwaartekracht}$$

Of eenvoudiger:

$$\text{zwaartekracht} = \text{massa} \times 10$$

Met daarbij:

- zwaartekracht in newton (N);
- massa in kilogram;
- sterkte van de zwaartekracht in newton per kilogram (N/kg).

Op een voorwerp met een massa van 100 g werkt een zwaartekracht van 1 N.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Hoe groot is de zwaartekracht die werkt op iemand van 70 kg?

gegevens massa = 70 kg

gevraagd zwaartekracht = ?

uitwerking zwaartekracht = massa × 10
zwaartekracht = 70 × 10 = 700 N

PROEF 1 ZWAARTEKRACHT AANTONEN

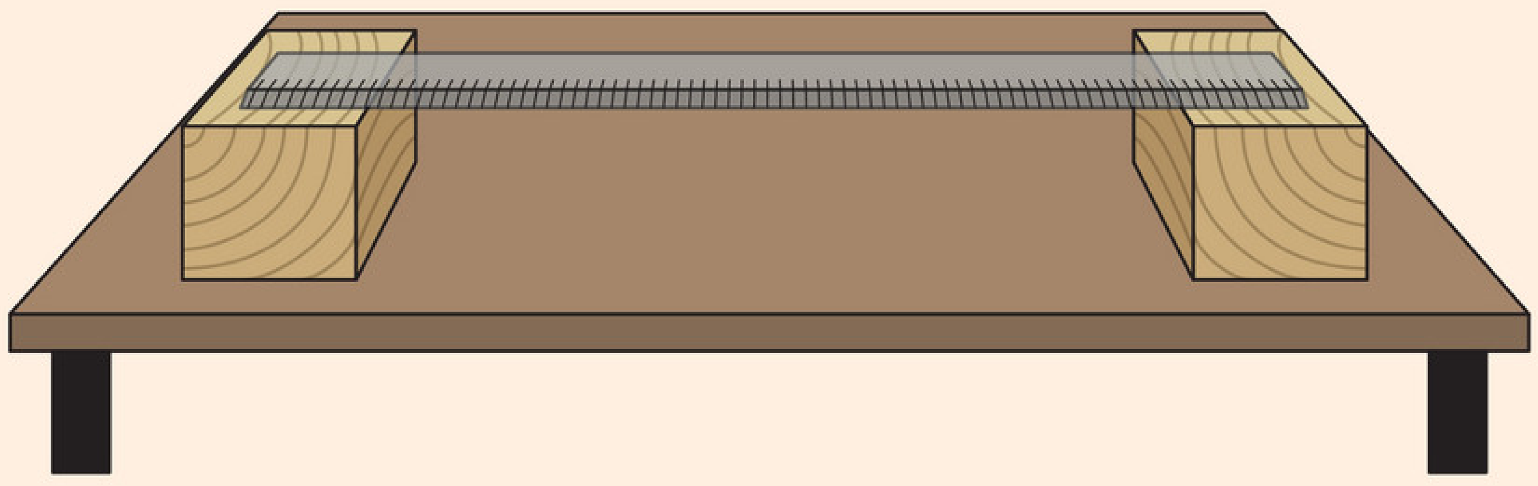
15 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ 2 stukjes hout van 2 cm dikte
- ☐ 2 metalen linialen van 30 cm
- ☐ 2 tonvoeten

Uitvoering

- Leg de blokjes hout plat op de tafel (figuur 1).
- Leg er één liniaal op.
- Duw met je vinger op de liniaal totdat hij ongeveer 1 cm doorbuigt.
- Onthoud hoe hard je moet duwen.



figuur 1 Zo leg je de liniaal op de blokjes.

1 Hoe komt het dat de liniaal doorbuigt als je erop duwt?
Dat komt *WEL* / *NIET* door de kracht van de vinger.

2 Welk soort kracht oefent je vinger uit op de liniaal?
- ○ A spierkracht
- ○ B veerkracht
- ○ C zwaartekracht

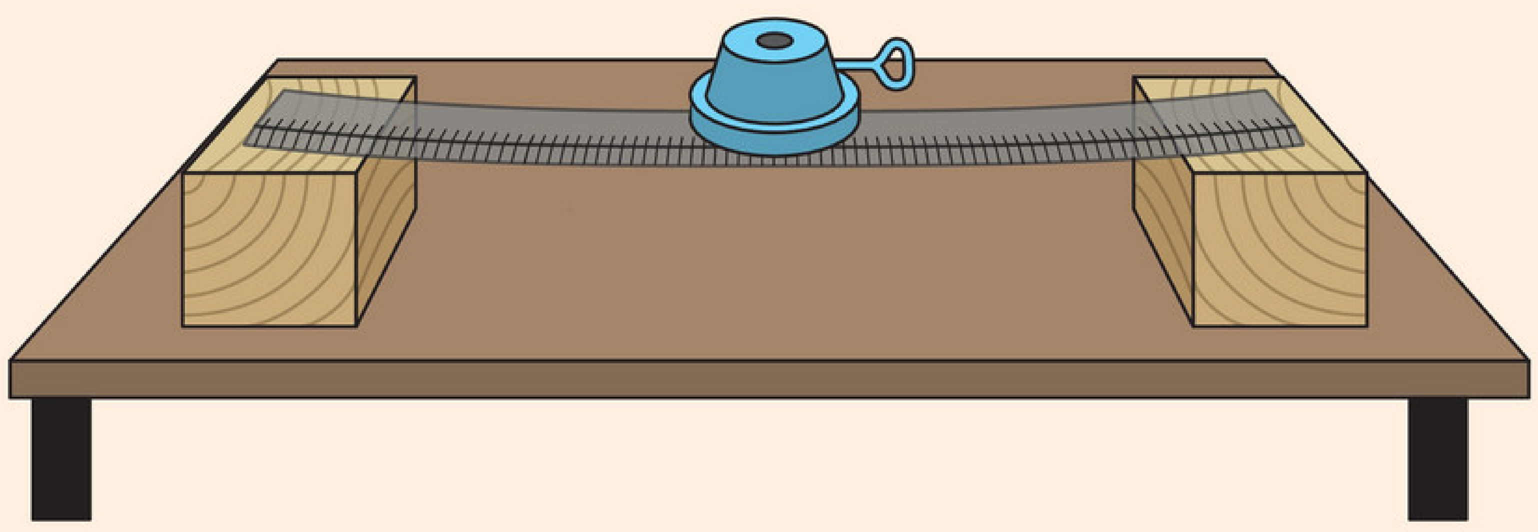
3 Welke richting heeft de kracht van je vinger?
De kracht werkt naar *BOVEN* / *BENEDEN*.

- Duw nu weer met je vinger op de liniaal.
- Duw tot de liniaal de tafel raakt.
- Onthoud ook deze kracht.

4 Vergelijk de tweede kracht met de eerste.
Was er verschil tussen de krachten?
○ A Ja, de tweede keer was de kracht groter.
○ B Ja, de tweede keer was de kracht kleiner.
○ C Nee, beide keren was de kracht even groot.

5 Wat weet je na deze proef?
Als de liniaal meer doorbuigt, is de kracht *GROTER* / *KLEINER*.

- Leg een tonvoet in het midden op de liniaal (figuur 2).
- Kijk of de liniaal is doorgebogen.



figuur 2 Leg de tonvoet midden op de liniaal.

6 Meet hoeveel millimeter (mm) de liniaal doorbuigt.

De liniaal buigt .... mm door.

- Zet de tweede tonvoet boven op de eerste tonvoet.

7 Meet hoeveel mm de liniaal nu is doorgebogen.

De liniaal is nu .... mm doorgebogen.

8 Waardoor komt het dat de liniaal is doorgebogen?
○ A door de houten stukjes
○ B door de kracht van je vingers
○ C door de zwaartekracht op de tonvoeten
○ D door het metaal van de liniaal

9 De zwaartekracht op twee tonvoeten is *GROTER* / *KLEINER* dan op één tonvoet.

De liniaal buigt door als je er met je vinger op duwt.
Als je de kracht van je vinger groter maakt, dan buigt de liniaal meer door.
Door de zwaartekracht op de tonvoeten buigt de liniaal ook door.
De conclusie van deze proef is: zwaartekracht is een kracht, net als spierkracht.

- Ruim alles netjes op.

1 De eenheden van massa zijn .... of ....

De symbolen voor deze eenheden zijn .... of ....

2 De eenheid van kracht is ....

Het symbool voor deze eenheid is ....

3 Om een massa van 1 kg op te tillen, heb je een kracht nodig van .... N.

4 Hoe groter de massa, hoe *GROTER* / *KLEINER* de zwaartekracht.

5 De fiets van Rudy heeft een massa van 21 kilogram.
Hoe groot is de zwaartekracht op de fiets van Rudy?

gegevens massa = ... kg

gevraagd zwaartekracht = ?

uitwerking zwaartekracht = massa × 10

zwaartekracht = ... × 10 = ... N

6 Een auto heeft een massa van 1390 kg.
Hoe groot is de zwaartekracht op de auto?

gegevens massa = ... kg

gevraagd zwaartekracht = ?

uitwerking zwaartekracht = massa × 10

zwaartekracht = ... kg × 10 = ... N

7 Terry draagt een horloge om zijn pols. Het horloge heeft een massa van 175 g.
Hoe groot is de zwaartekracht op het horloge?

gegevens .... g

gevraagd ....

uitwerking massa = ... g = ... kg

....

....

....

....

8 In tabel 1 staat de zwaartekracht in N.
Schrijf de massa in kg die bij deze zwaartekracht hoort in de tweede kolom.
Gebruik je rekenmachine als dat nodig is.

tabel 1 Van zwaartekracht naar massa.

zwaartekracht	massa
3,6 N	
200 N	
17 N	
1844 N	
21 456 N	

9 In tabel 2 staan tien voorwerpen. De massa van de voorwerpen staat in kolom 2.
Vul in kolom 3 de zwaartekracht in. Eén regel is voorgedaan.
Gebruik als het nodig is je rekenmachine.

tabel 2 Bereken de zwaartekracht.

voorwerp	massa	zwaartekracht
pak suiker	1 kg	10 N
zak aardappels	5 kg	N
fiets	18 kg	N
poes	4 kg	N
hond	10 kg	N
leraar	75 kg	N
snoep	0,1 kg	N
euromunt	0,0075 kg	N
auto	1100 kg	N
blikje limonade	0,25 kg	N

ZWAARTEKRACHT METEN

Je hangt een massablokje aan een veer. De veer rekt uit. Dat komt door de zwaartekracht van het massablokje. Met twee massablokjes rekt de veer verder uit. De zwaartekracht is groter.

Op een massablokje van 100 gram werkt een zwaartekracht van 1 N.
Twee massablokjes van 100 gram hebben samen een massa van 200 g. Op deze twee massablokjes werkt een zwaartekracht van 2 N.

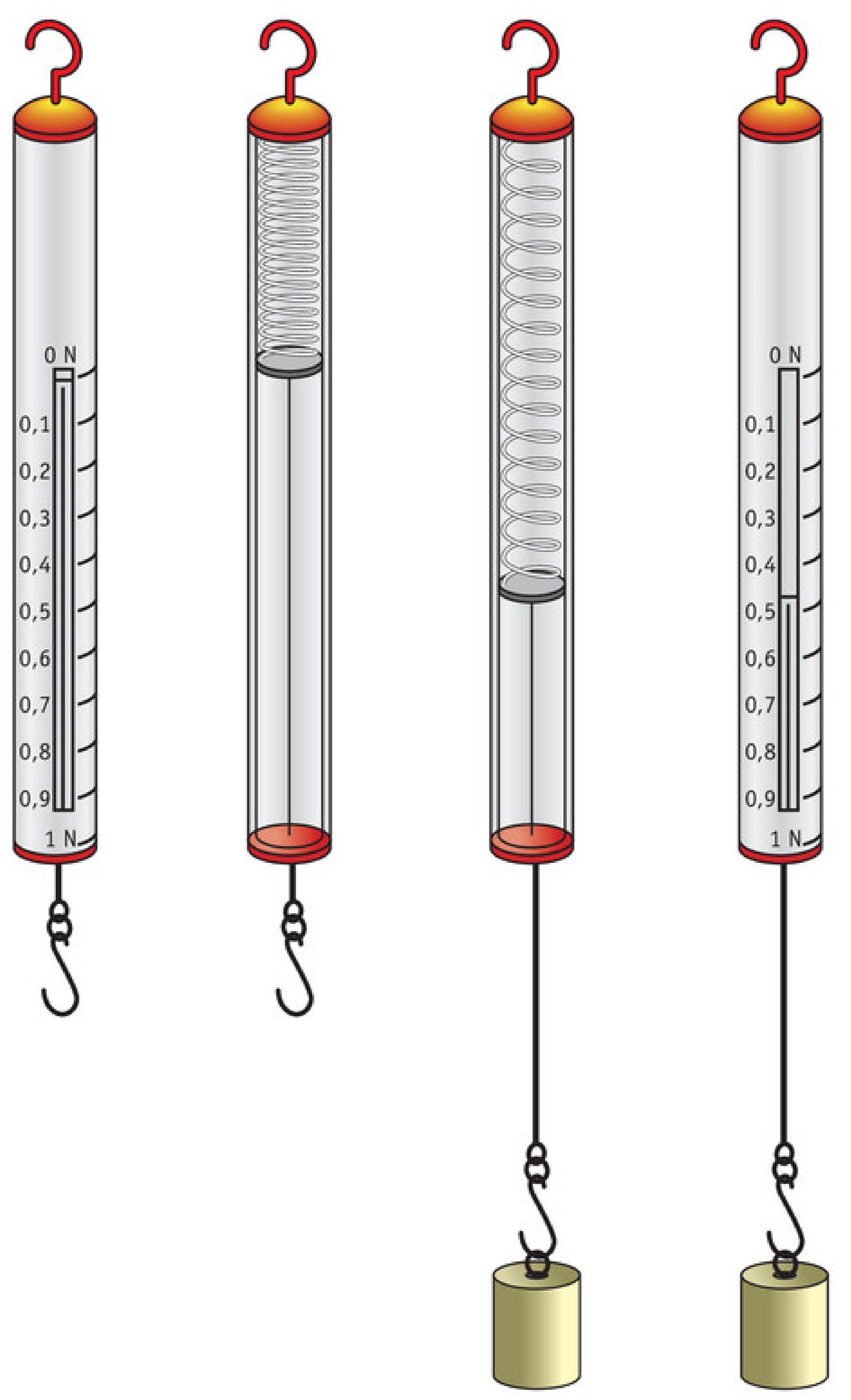
Krachten zijn niet altijd even groot. Hoe groot een kracht is, kun je meten. Je hebt dan een **krachtmeter** nodig (figuur 3). Een krachtmeter werkt met een veer. Daarom noem je een krachtmeter ook een **veerunster**. Een unster is een oud soort weegschaal.

Met een krachtmeter meet je de grootte van de kracht in newton.



figuur 3 Drie krachtmeters.

In een krachtmeter zit een veer. Als je een voorwerp aan het haakje van de krachtmeter hangt, rekt de veer uit. Bij een zwaarder voorwerp rekt de veer verder uit dan bij een licht voorwerp. In figuur 4 zie je hoe dit werkt.



figuur 4 In een krachtmeter zit een veer.

Links zie je een krachtmeter waar niets aan hangt. Je ziet eerst de buitenkant en dan de binnenkant. In de binnenkant zit de veer. De veer is niet uitgerekt.
Rechts hangt een massablokje aan de krachtmeter. De veer is uitgerekt. De wijzer geeft de zwaartekracht van het massablokje aan.

PROEF 2 ZWAARTEKRACHT METEN

30 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ statiefvoet
- ☐ statiefstang
- ☐ statiefklem
- ☐ haak
- ☐ 3 krachtmeters (1 N, 5 N en 10 N)
- ☐ 10 massablokjes van 50 gram

Uitvoering

- Pak de krachtmeter waarop 1 N staat.
- Bekijk de krachtmeter goed.

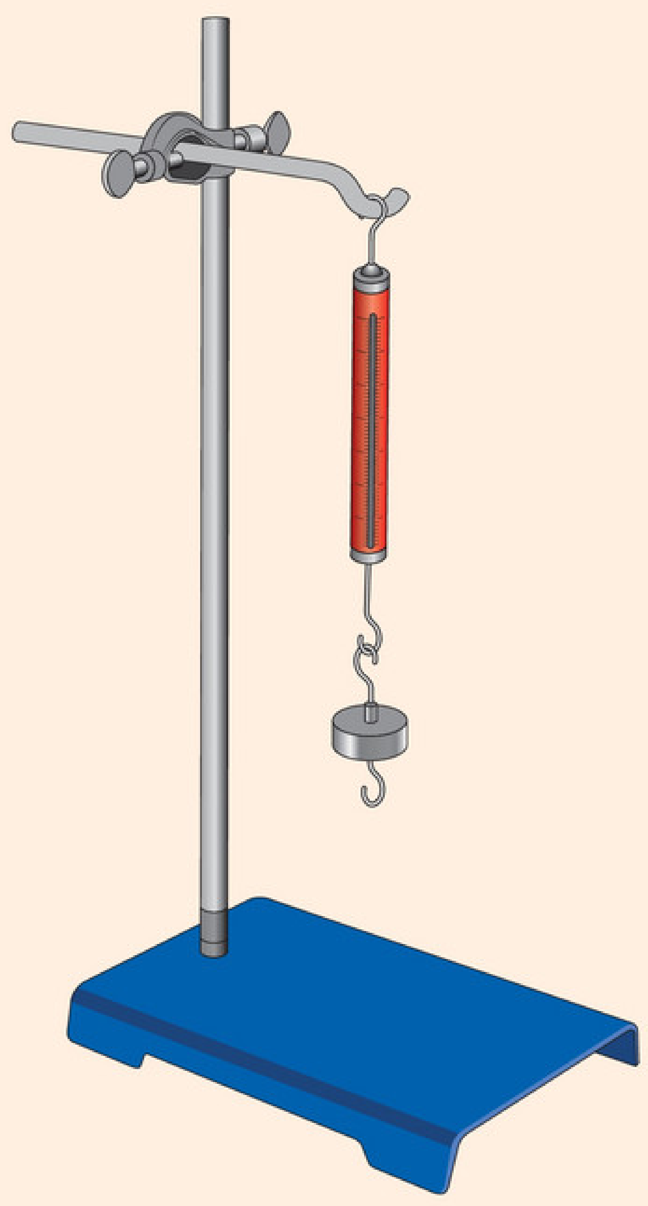
1 Op de krachtmeter staat 1 N.
Wat betekent de afkorting 1 N?

1 N betekent: ....

2 Waarvan is newton de eenheid?

Newton is de eenheid van ....

Op de krachtmeter zie je een schaalverdeling.
De schaalverdeling gaat van 0 tot 1 N.
De grootste kracht die je met deze krachtmeter kunt meten, is 1 N.



figuur 5 De opstelling voor proef 2.

- Hang de krachtmeter aan het statief (figuur 5).
- Hang één massablokje van 50 gram aan het haakje van de krachtmeter.
- Kijk goed wat er gebeurt.

3 Wat gebeurt er als je één massablokje aan de krachtmeter hangt?
- ○ A De krachtmeter rekt uit totdat hij niet verder kan.
- ○ B De krachtmeter rekt voor de helft uit.
- ○ C Er gebeurt niets.

4 Hoeveel lees je af op de schaalverdeling van de krachtmeter?

.... newton

- Hang nog één massablokje van 50 gram aan de krachtmeter.

5 Wat lees je nu af op de krachtmeter?

Bij twee massablokjes lees je ongeveer af: .... N.

- Hang nu in totaal drie massablokjes aan de krachtmeter.

6 Wat merk je nu aan de krachtmeter?
- ○ A De krachtmeter gaat kapot.
- ○ B De krachtmeter rekt uit tot een klein stukje voorbij de schaalverdeling.
- ○ C De krachtmeter rekt uit tot precies aan het einde van de schaalverdeling.

De krachtmeter heeft een aanslag.
Deze aanslag zorgt ervoor dat de veer niet te ver kan worden uitgerekt.
Op deze manier wordt voorkomen dat je de krachtmeter beschadigt.

- Neem nu de krachtmeter waar 5 N op staat.

7 Is de lengte van deze meter even groot als die van 1 N?
De meters zijn *WEL* / *NIET* even groot.

8 Is de schaalverdeling hetzelfde als van de krachtmeter van 1 N?
De schaalverdeling is *WEL* / *NIET* hetzelfde.

9 Hoe groot is de grootste kracht die je met deze krachtmeter kunt meten?

De grootste kracht is ....

In de krachtmeters zit een veer. Die veer rekt uit als je een kracht meet.

- Trek beide krachtmeters iets uit totdat je de veer ziet.
- Kijk naar de veer van de krachtmeter van 1 N.
- Kijk ook naar de veer van de krachtmeter van 5 N.

10 In welke krachtmeter zit de veer met de dikste draad?
- ○ A in de krachtmeter van 1 N
- ○ B in de krachtmeter van 5 N
- ○ C De veren zijn precies hetzelfde.

- Trek de krachtmeter van 1 N uit tot het eind van de schaalverdeling.
- Trek ook de krachtmeter van 5 N uit tot het eind van de schaalverdeling.

11 Voor welke veer heb je de grootste kracht nodig?
- ○ A voor de veer van dik draad
- ○ B voor de veer van dun draad
- ○ C Voor beide veren is de kracht gelijk.

12 Neem de krachtmeter van 10 N.
Hoe is bij deze meter de schaalverdeling?

De schaalverdeling gaat van .... tot .... N.

13 Hoe groot is de grootste kracht die je met deze krachtmeter kunt meten?

De grootste kracht is .... N.

- Ruim alles netjes op.

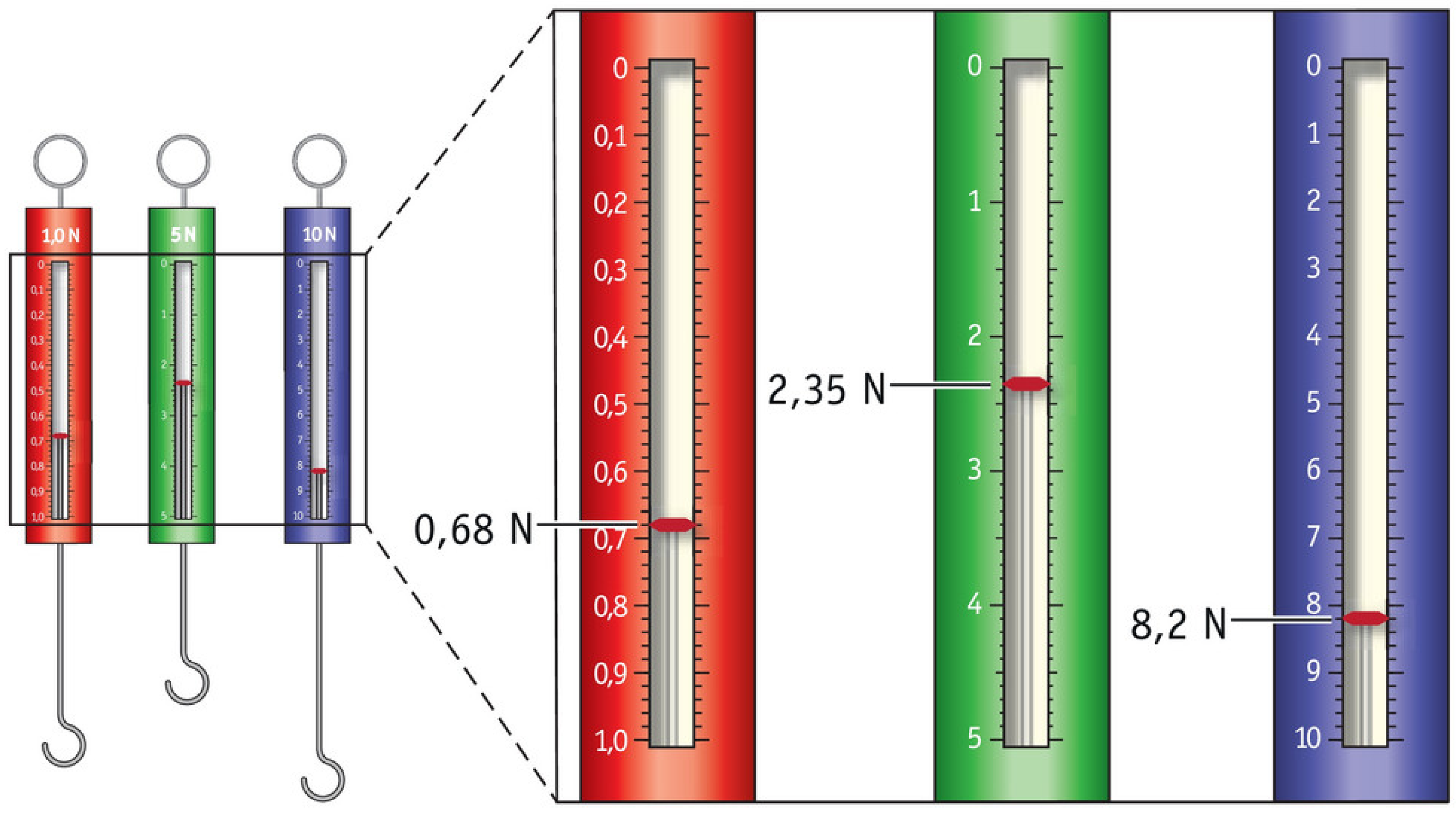
NAUWKEURIG AFLEZEN

Je meet een kracht. Op de krachtmeter kun je de kracht aflezen in newton. Soms zijn dat gehele getallen, die je gemakkelijk kunt aflezen. Vaak is dat niet zo. Daarom moet je de schaalverdeling van een krachtmeter goed begrijpen. Drie vragen helpen je daarbij:

1 Wat is de grootste kracht die je met deze meter kunt meten?
2 Tussen welke twee getallen staat de wijzer?
3 Bij welk streepje staat de wijzer?

Let op!
Boven aan de meter staat de nul. Je telt dus altijd van boven naar beneden.

Kijk naar de krachtmeters in figuur 6. Hier zie je een paar voorbeelden.



figuur 6 Krachtmeters aflezen.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Deze opdracht gaat over de rode krachtmeter uit figuur 6.
Welke kracht geeft de rode krachtmeter aan? Beantwoord eerst de drie hulpvragen.

1 Wat is de grootste kracht die je met deze krachtmeter kunt meten?
De grootste kracht is 1 N. Dat staat boven op de meter.
2 Tussen welke twee getallen staat de wijzer?
De wijzer staat tussen 0,6 en 0,7.
3 Bij welk streepje staat de wijzer?
Tel van boven naar beneden. De wijzer staat bij het vierde streepje na 0,6.
De ruimte tussen 0,6 en 0,7 is verdeeld in vijf stukjes.
Elk stukje is daarom: 0,1 : 5 = 0,02
Vier stukjes is: 4 × 0,02 = 0,08
De wijzer staat bij: 0,6 + 0,08 = 0,68
Je meet een kracht van 0,68 N.

10 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *krachtmeter – veer – veerunster*.

Om zwaartekracht te meten, gebruik je een ....

Een krachtmeter werkt met een .... Een ander woord

voor krachtmeter is ....

11 Met een krachtmeter meet je de grootte van een kracht in *NEWTON* / *KILOGRAM*.

12 De wijzer van een krachtmeter *DRAAIT* / *SCHUIFT* langs de schaalverdeling.

13 In figuur 7 staan drie krachtmeters.

a Met krachtmeter a kun je krachten meten tot 1 N.
Bij welke kracht staan de streepjes in deze figuur?

A = ... N C = ... N E = ... N

B = ... N D = ... N

b Met krachtmeter b kun je krachten tot 5 N meten.
Bij welke kracht staan de streepjes in deze figuur?

F = ... N H = ... N J = ... N

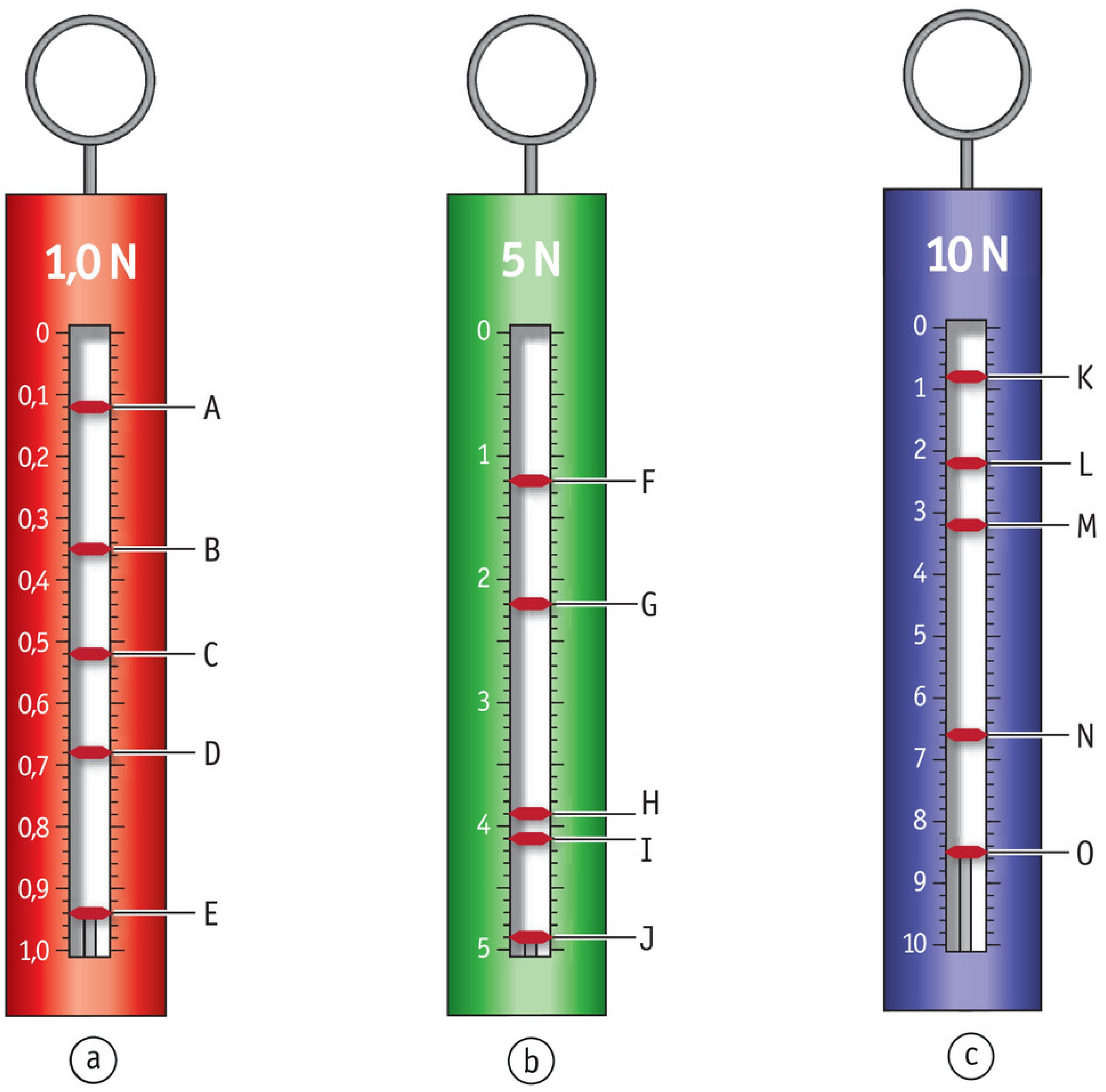
G = ... N I = ... N

c Met krachtmeter c kun je krachten tot 10 N meten.
Bij welke kracht staan de streepjes in deze figuur?

K = ... N M = ... N O = ... N

L = ... N N = ... N

figuur 7 Drie verschillende krachtmeters.



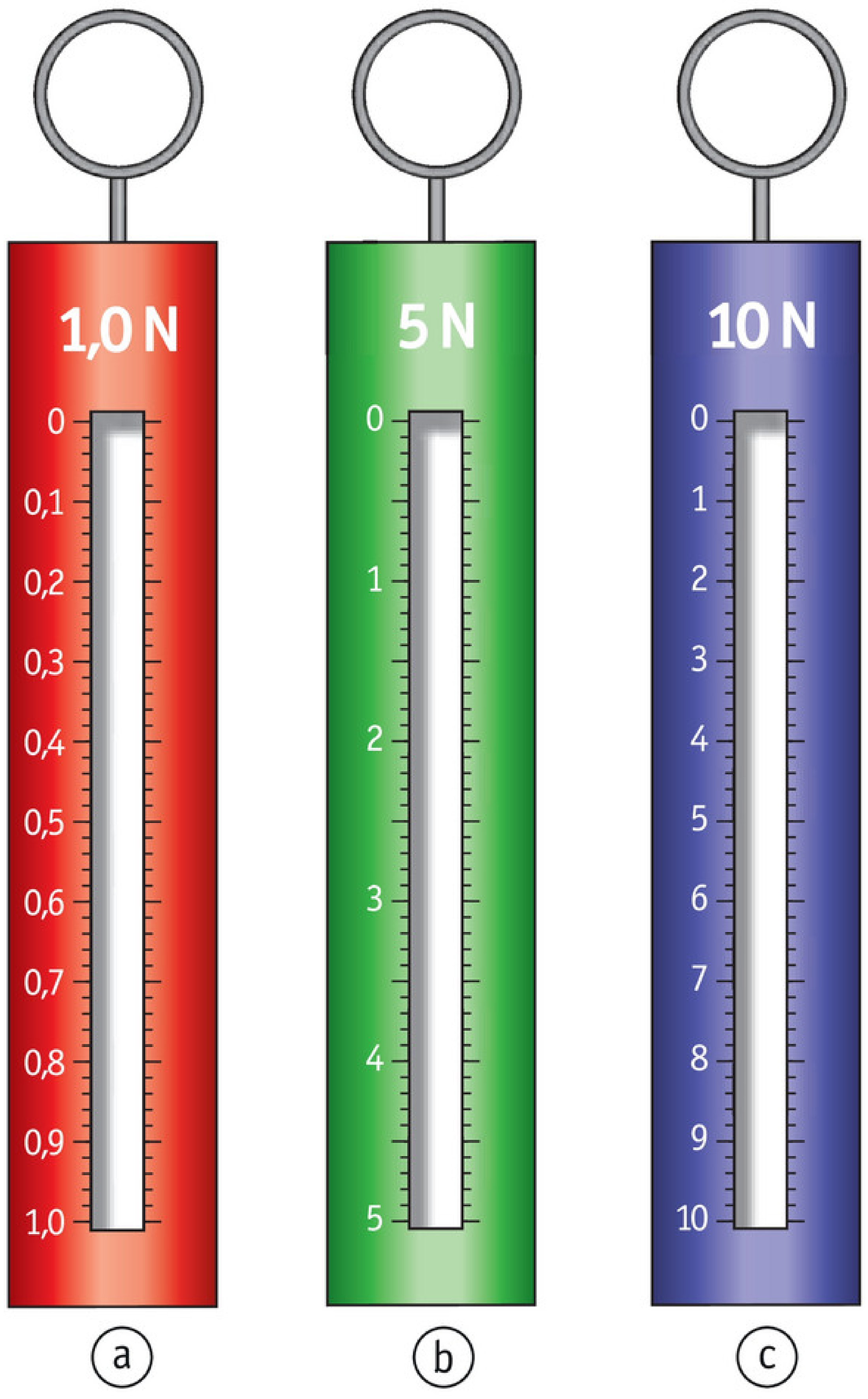
14 In figuur 8a staat een krachtmeter waarmee je krachten tot 1 N kunt meten.

a Zet streepjes rechts naast de meter. Schrijf het nummer van de pijl erbij.
pijl 1: 0,80 N
pijl 2: 0,20 N
pijl 3: 0,35 N
pijl 4: 0,54 N
pijl 5: 0,98 N

b In figuur 8b staat een krachtmeter waarmee je krachten tot 5 N kunt meten.
Zet streepjes rechts naast de meter. Schrijf het nummer van de pijl erbij.
pijl 6: 1,3 N
pijl 7: 4,6 N
pijl 8: 2,2 N
pijl 9: 0,4 N
pijl 10: 3,9 N

c In figuur 8c staat een krachtmeter waarmee je krachten tot 10 N kunt meten.
Zet streepjes rechts naast de meter. Schrijf het nummer van de pijl erbij.
pijl 11: 0,8 N
pijl 12: 1,9 N
pijl 13: 4,6 N
pijl 14: 6,7 N
pijl 15: 8,3 N

figuur 8 Drie verschillende krachtmeters.



15 In kolom 1 van tabel 3 staat telkens een aantal massablokjes van 50 gram.
Vul in de tweede kolom de totale massa van die massablokjes in.
Reken daarna de zwaartekracht van die blokjes uit en schrijf die op in kolom 3.
Regel 1 is al ingevuld.

tabel 3 De massa met de bijbehorende zwaartekracht.

aantal massablokjes van 50 gram	totale massa	zwaartekracht
2	100 g	1 N
4	g	N
6	g	N
8	g	N
10	g	N

ONTHOUD

Op alle voorwerpen werkt de zwaartekracht.
De zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde voorwerpen aantrekt.
De zwaartekracht werkt altijd naar beneden.

De zwaartekracht bereken je met de volgende formule:
zwaartekracht = massa × sterkte van de zwaartekracht
of
zwaartekracht = massa × 10

Krachten meet je met een krachtmeter of veerunster.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Nettokracht

LEERDOELEN

4.4.1 Je kunt bij evenwicht beschrijven aan welke voorwaarden de krachten moeten voldoen.
4.4.2 Je kunt bij evenwicht de bijbehorende krachten benoemen.
4.4.3 Je kunt de nettokracht berekenen van krachten die werken op één voorwerp.

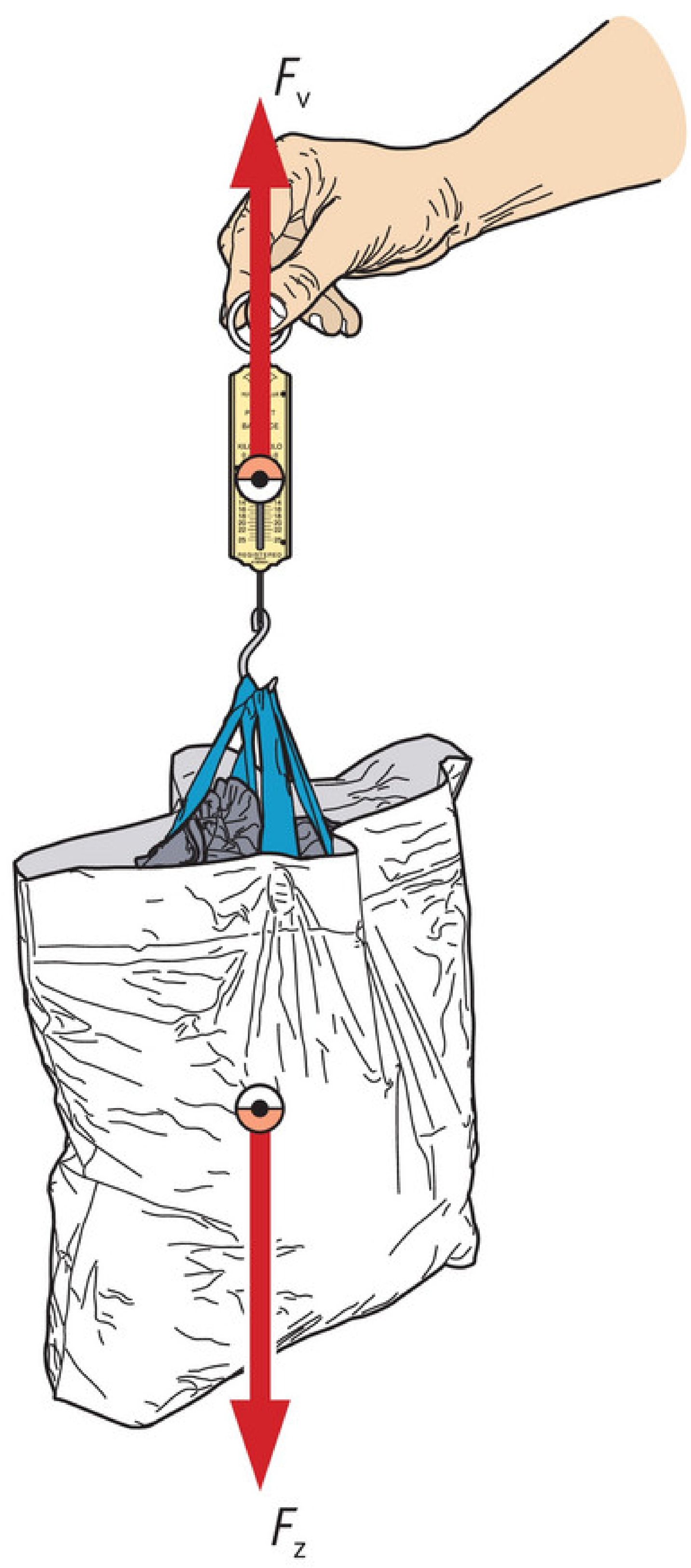
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	4.4.1	4.4.2	4.4.3	4.2.5*	4.3.2*
Onthouden	4ab	1, 2, 3	7ab		
Begrijpen	6c, 9cd	5b, 6a, 9a, 10b	6b		
Toepassen	5a, 10a	10c	8, 10d	9e	9b
Analyseren					

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Twee teams doen aan touwtrekken. Beide teams trekken met veel kracht aan het touw. Toch beweegt het touw niet. Er is sprake van een evenwicht: links en rechts wordt even hard getrokken.

TWEE KRACHTEN IN EVENWICHT

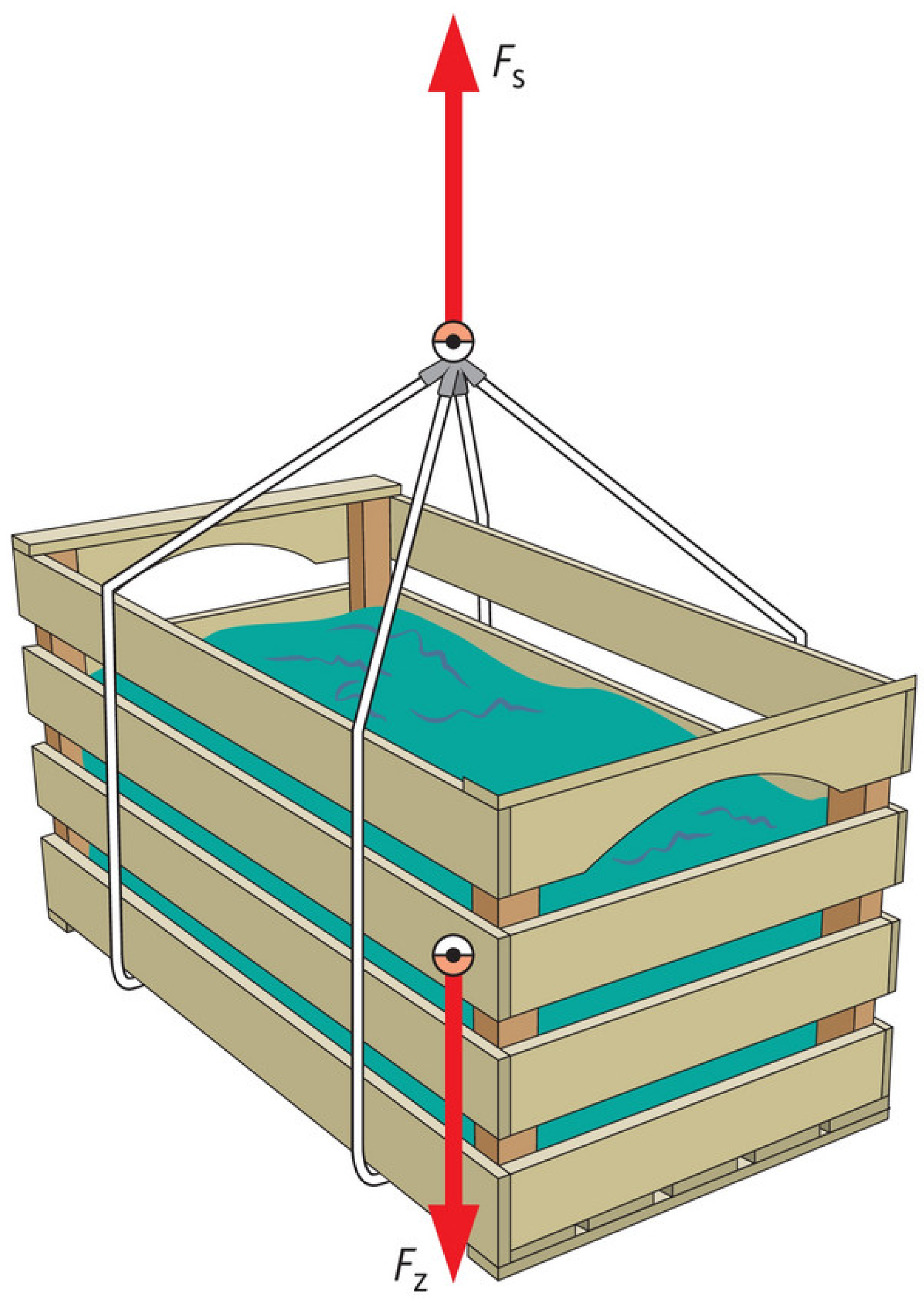
In figuur 1 zie je een zak groenten die aan een krachtmeter hangt. Op de zak werken twee krachten: de zwaartekracht en de veerkracht. De zwaartekracht (F_z) werkt naar beneden, de veerkracht (F_v) omhoog.



figuur 1 Zwaartekracht en veerkracht.

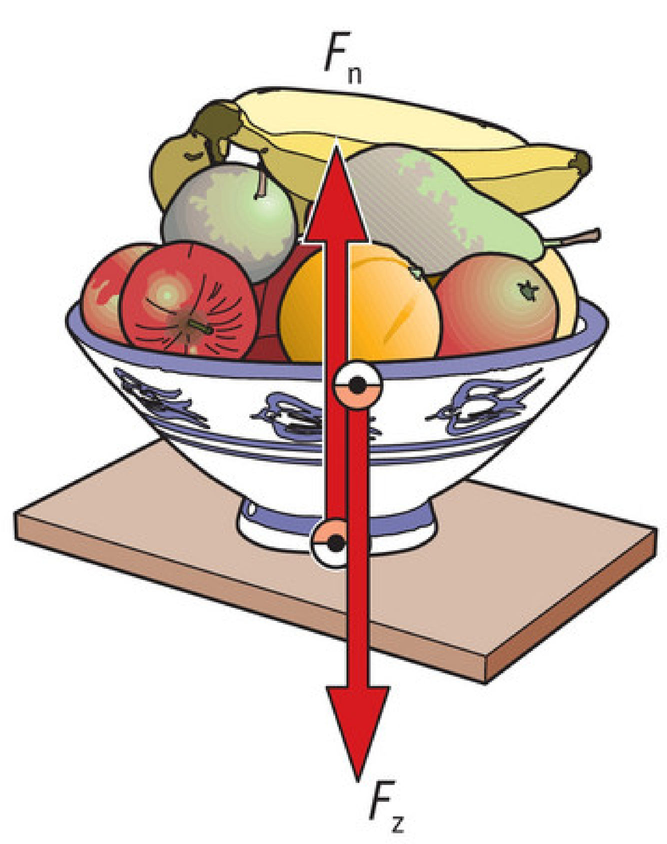
In deze situatie houden de krachten elkaar in **evenwicht**. Ze trekken even hard aan de zak, maar in tegenovergestelde richtingen. Daardoor gebeurt er niets: de zak beweegt niet omhoog en ook niet omlaag.

In figuur 2 zie je een kist die aan een touw hangt. Ook in deze situatie zijn er twee krachten die evenwicht maken: de zwaartekracht (F_z) en de spankracht (F_s). De spankracht ontstaat doordat het touw wordt uitgerekt. Je kunt dat vergelijken met de manier waarop de veerkracht ontstaat.



figuur 2 Zwaartekracht en spankracht.

Er is nog een andere kracht die vaak evenwicht maakt met de zwaartekracht. In figuur 3 zie je een voorbeeld: een fruitschaal die op een tafel staat. Het tafelblad wordt door de schaal een heel klein beetje ingedrukt. Daardoor ontstaat een kracht die recht omhoog werkt: de **normaalkracht** (F_n). De normaalkracht maakt evenwicht met de zwaartekracht, zodat de schaal niet naar beneden valt.



figuur 3 Zwaartekracht en normaalkracht.

1 Welke twee krachten zijn in evenwicht bij een zak groenten die aan een krachtmeter hangt?

- ○ A de spankracht en de veerkracht
- ○ B de spierkracht en de veerkracht
- ○ C de zwaartekracht en de spierkracht
- ○ D de zwaartekracht en de veerkracht

2 Welke twee krachten zijn in evenwicht bij een kist die aan een touw hangt?

- ○ A de spierkracht en de spankracht
- ○ B de veerkracht en de spankracht
- ○ C de zwaartekracht en de spankracht
- ○ D de zwaartekracht en de spierkracht

3 Welke twee krachten zijn in evenwicht bij een fruitschaal die op een tafel staat?

- ○ A de spankracht en de normaalkracht
- ○ B de spankracht en de veerkracht
- ○ C de zwaartekracht en de normaalkracht
- ○ D de zwaartekracht en de spierkracht

DE NETTOKRACHT BIJ EVENWICHT

De situaties die je in de figuren 1, 2 en 3 ziet, lijken veel op elkaar. Er zijn steeds twee krachten die evenwicht maken. Daarvoor moet aan drie voorwaarden zijn voldaan:

- De krachten zijn even groot.
- De krachten liggen op dezelfde lijn (in elkaars verlengde).
- De krachten hebben een tegengestelde richting.

Als krachten evenwicht maken, lijkt het alsof er geen kracht op het voorwerp werkt. Je zegt in dat geval dat de **nettokracht** op het voorwerp 0 N is. De nettokracht is de optelsom van alle krachten samen.

PROEF 1 NETTOKRACHT BEPALEN

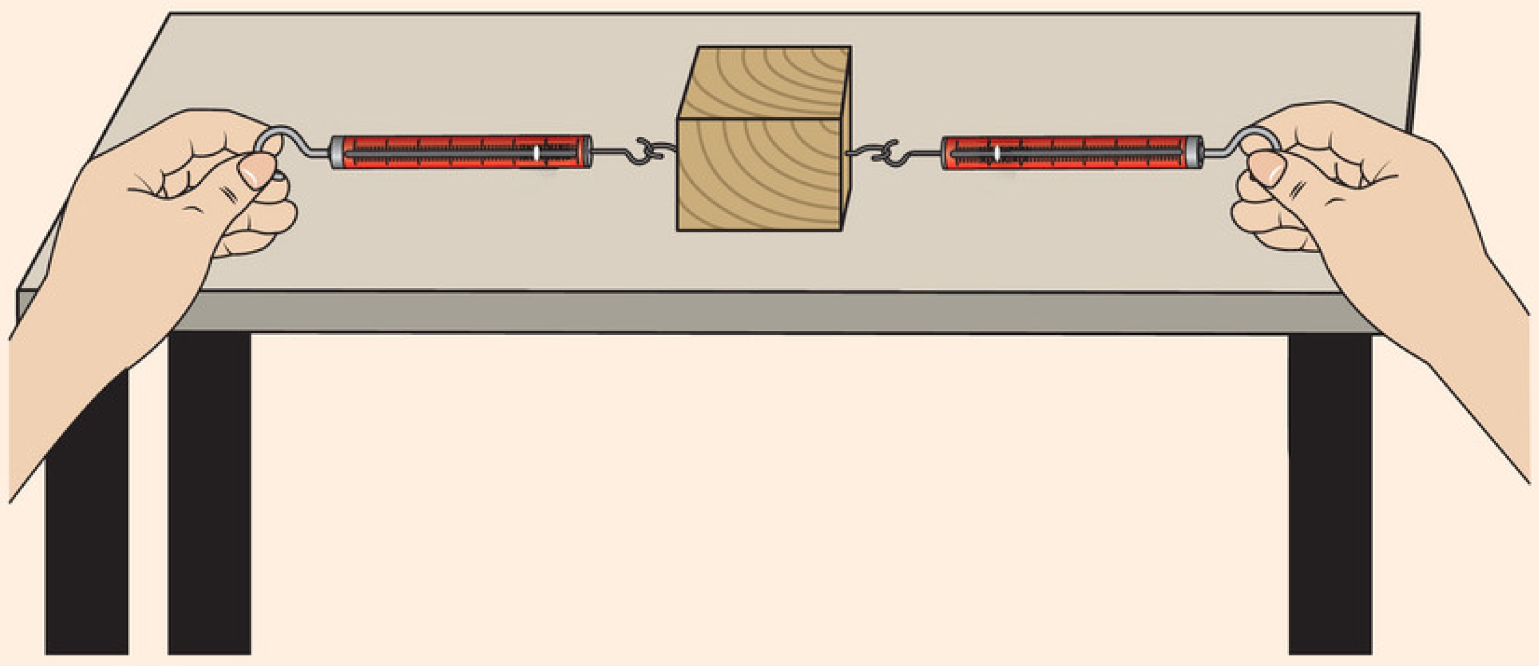
15 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ blokje met twee haakjes
- ☐ 2 krachtmeters van 5 N

Uitvoering

- Maak de krachtmeters aan het blokje vast zoals in figuur 4.
- Houd in iedere hand een krachtmeter vast.
- Houd je linkerhand op een vaste plaats.
- Trek met je rechterhand aan de krachtmeter.
- Trek zo ver dat de rechter krachtmeter 3,0 N aangeeft. Als je aan de krachtmeters trekt, mag het blokje niet bewegen.



figuur 4 Trek met twee krachtmeters aan het blokje.

1 Hoe groot is de kracht die de rechter krachtmeter aangeeft?

De rechter krachtmeter geeft .... N aan.

2 Hoe groot is de kracht die de linker krachtmeter aangeeft?

De linker krachtmeter geeft .... N aan.

3 De krachten zijn *WEL* / *NIET* even groot.

4 De eerste voorwaarde voor krachten in evenwicht is: de krachten zijn even groot.
Aan de eerste voorwaarde is *WEL* / *NIET* voldaan.

- Trek nogmaals aan beide krachtmeters.
- Trek weer zover dat de rechter krachtmeter 3,0 N aangeeft. Als je aan de krachtmeters trekt, mag het blokje niet bewegen.

5 Liggen de krachten die je op het blokje uitoefent op dezelfde lijn? *JA* / *NEE*

6 Hebben de krachten een tegengestelde richting? *JA* / *NEE*

7 Tijdens de proef beweegt het blokje *WEL* / *NIET*. Aan de drie voorwaarden voor krachten in evenwicht is *WEL* / *NIET* voldaan. De krachten op het blokje zijn *WEL* / *NIET* in evenwicht. De nettokracht op het blokje is *0* / *3* N.

- Ruim alles netjes op.

4

a Twee krachten zijn in evenwicht als ze:

- even .... zijn,
- én op dezelfde .... liggen,
- én een tegengestelde .... hebben,

b Als krachten in evenwicht zijn, is de nettokracht .... N.

5

In figuur 5 zijn drie situaties getekend waarin twee krachten in evenwicht zijn. Eén van die twee krachten is steeds ingetekend.

a Teken in elke tekening de andere kracht.

b Schrijf onder de tekening hoe de door jou getekende kracht heet.

figuur 5 Drie keer evenwicht.



ⓐ ....

ⓑ ....

ⓒ ....

6

Anouk is net thuisgekomen uit school. Haar rugzak, met een massa van 13,2 kg, staat op de vloer in de gang. De zwaartekracht werkt met 132 N op de rugzak.

a Er werkt nog een andere kracht op de rugzak.

Deze kracht heet de ....

b Deze kracht heeft een grootte van .... N

c In welke richting werkt deze kracht? ....

REKENEN MET DE NETTOKRACHT

Om de nettokracht op een voorwerp te vinden, pas je twee regels toe:

- Krachten in dezelfde richting tel je bij elkaar op.
- Krachten in tegengestelde richting trek je van elkaar af.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Joey doet een wedstrijdje armpjedrukken tegen zijn vader (figuur 6). Om het eerlijker te maken, helpt zijn zus Feline ook mee. Joey duwt met een kracht van 123 N en Feline met 68 N.
Bereken hoe groot de nettokracht op de hand van hun vader is.



figuur 6 Een wedstrijd armpjedrukken.

gegevens kracht van Joey = 123 N
kracht van Feline = 68 N

gevraagd nettokracht = ?

uitwerking De krachten werken in dezelfde richting. Je moet ze dus bij elkaar optellen.
nettokracht = kracht van Joey + kracht van Feline
nettokracht = 123 N + 68 N = 191 N

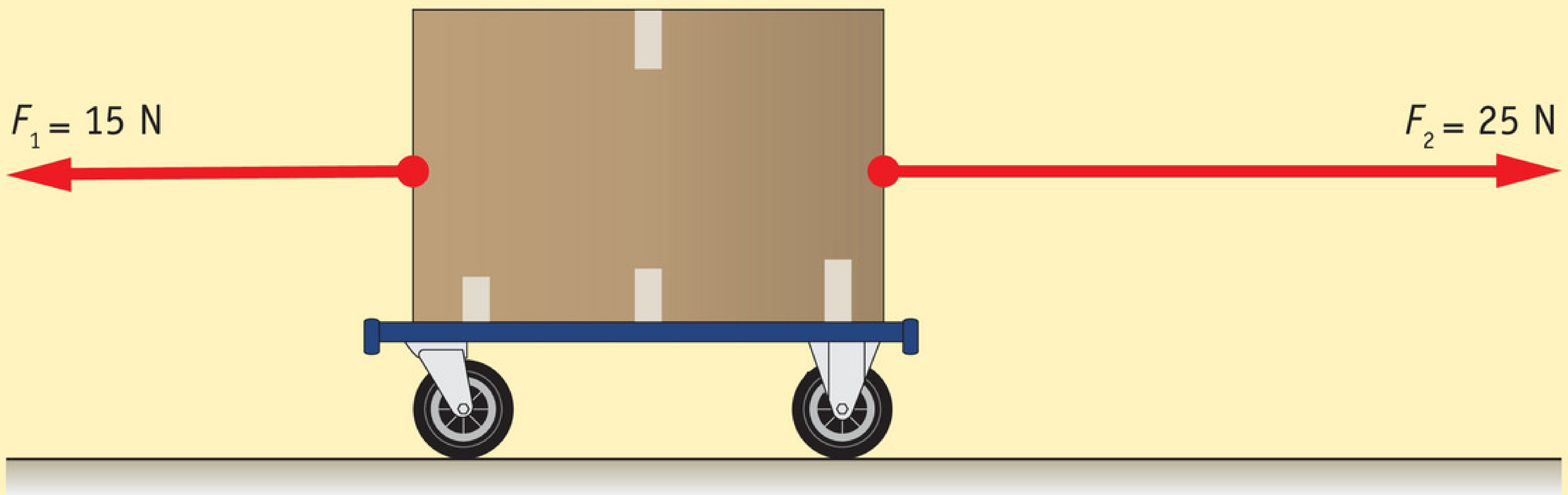
VOORBEELDOPDRACHT 2

In figuur 7 zie je twee krachten die op een verhuisdoos werken. Kracht 1 (F_1) is 15 N en kracht 2 (F_2) is 25 N.
Bereken de nettokracht op de doos.

gegevens kracht 1 = 15 N
kracht 2 = 25 N

gevraagd nettokracht = ?

uitwerking De krachten werken in tegengestelde richting. Je moet ze dus van elkaar aftrekken.
nettokracht = kracht 2 − kracht 1
nettokracht = 25 N − 15 N = 10 N



figuur 7 Hoe groot is de nettokracht op de doos?

7

a De nettokracht op een voorwerp vind je door krachten in dezelfde richting *BIJ ELKAAR OP TE TELLEN / VAN ELKAAR AF TE TREKKEN*.

b De nettokracht op een voorwerp vind je door krachten in tegengestelde richting *BIJ ELKAAR OP TE TELLEN / VAN ELKAAR AF TE TREKKEN*.

8

Vivek wil de deur dichtdoen, maar Tim houdt de deur tegen. Vivek duwt met een kracht van 35 N tegen de deur. Tim duwt met een kracht van 30 N in tegengestelde richting.
Bereken de nettokracht op de deur.

gegevens kracht Vivek = ...

kracht Tim = ...

gevraagd nettokracht = ?

uitwerking De krachten werken in tegengestelde richting. Je moet ze dus van elkaar aftrekken.

nettokracht = ...

nettokracht = ...

★ 9

Met een takelwagen wordt een auto met een massa van 1250 kg omhoog gehesen.
Op een gegeven moment hangt de auto stil in de lucht (figuur 8).

a Welke twee krachten werken er nu op de auto?

☐ A spankracht
☐ B spierkracht
☐ C veerkracht
☐ D zwaartekracht

b Met hoeveel kracht trekt de aarde aan de auto in deze situatie?

gegevens massa ....

gevraagd ....

uitwerking ....

....

....

De aarde trekt met .... N aan de auto.

c Hoe groot is de nettokracht op de auto?

....

....

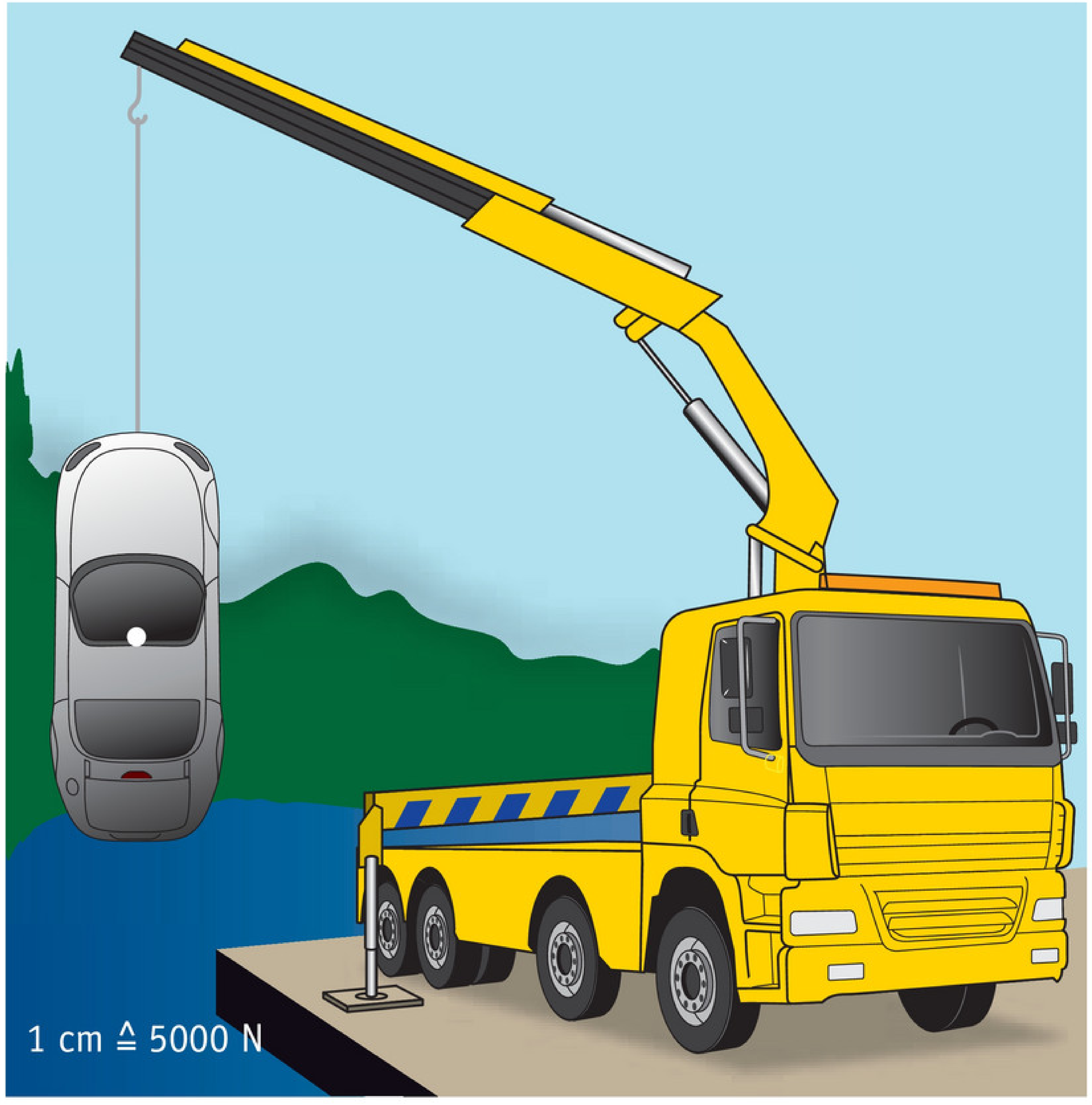
d Hoe groot is de kracht in de kabel?

....

....

e Teken de twee krachten op schaal in figuur 8. De krachtenschaal is 1 cm ≙ 5000 N. Vul hiervoor eerst de verhoudingstabel in.

lengte (cm)			
kracht (N)			



figuur 8 Auto in de takel.

10

Nick (5 jaar) en Julia (7 jaar) helpen hun moeder door een boodschappentas te dragen. De zwaartekracht werkt op deze tas met een kracht van 70 N.

a Is de tas in evenwicht? *JA / NEE*

b Hoe groot is de nettokracht op de tas in deze situatie? .... N.

c Hoeveel kracht moeten Nick en Julia samen leveren om de tas te kunnen dragen?

Samen moeten ze een kracht leveren van .... N.

d Nick kan maar een kracht leveren van 30 N.
Hoe groot moet de kracht van Julia zijn, zodat ze samen de tas kunnen dragen?

gegevens zwaartekracht = ...

gevraagd kracht Julia = ?

uitwerking zwaartekracht = ... + ...

.... N = ... + ... N

kracht Julia = ... − .... = ...

De kracht van Julia is .... N.

ONTHOUD

Als twee krachten evenwicht maken, dan moet aan drie voorwaarden zijn voldaan:

- De krachten zijn even groot.
- De krachten liggen op dezelfde lijn (in elkaars verlengde).
- De krachten hebben een tegengestelde richting.

Als krachten evenwicht maken, dan is de nettokracht op het voorwerp 0 N.
De nettokracht is de optelsom van alle krachten samen.

Om de nettokracht op een voorwerp te vinden, pas je twee regels toe:

- Krachten in dezelfde richting tel je bij elkaar op.
- Krachten in tegengestelde richting trek je van elkaar af.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

5 Hefbomen

LEERDOELEN

4.5.1 Je kunt in een hefboom het draaipunt, het werkpunt en het lastpunt benoemen.
4.5.2 Je kunt in een hefboom de werkarm en de lastarm benoemen.
4.5.3 Je kunt bij een hefboom in evenwicht uitleggen op welke manier met een kleine kracht een grote kracht wordt uitgeoefend.
4.5.4 Je kunt enkele en dubbele hefbomen van elkaar onderscheiden.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	4.5.1	4.5.2	4.5.3	4.5.4
Onthouden	1, 3, 6		2	
Begrijpen	4, 10ab, 12, 13, 14ab, 15abc	14cd	5, 14e, 15d	14f
Toepassen	7, 8, 9, 11			16
Analyseren			15e	

Met je vingers krijg je een verfblik niet open. Met een schroevendraaier gaat dat veel gemakkelijker. Met de schroevendraaier kun je je kracht vergroten.

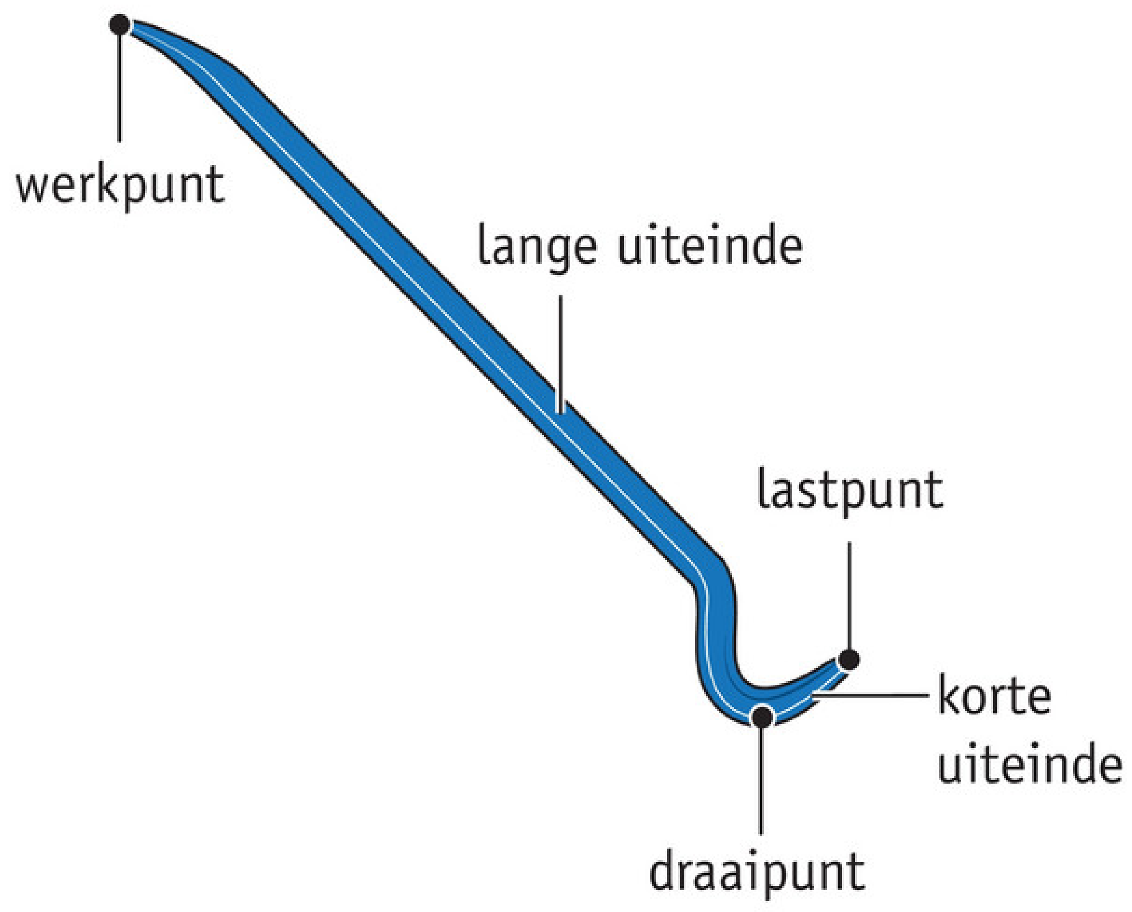
KRACHT VERGROTEN

Als er een zwaar ongeluk is gebeurd, moet de brandweer soms helpen. Door het ongeluk is een auto soms vervormd. De deuren kunnen klem zitten en niet meer opengaan. Om het slachtoffer uit het wrak te bevrijden, gebruikt de brandweerman een breekijzer (figuur 1). Met een breekijzer kun je meer kracht zetten dan met je blote handen. Die kracht is wel twintig keer groter.

Een breekijzer is een sterk stuk metaal met een speciale vorm (figuur 2). De brandweerman zet het korte uiteinde tussen de deur. Hij duwt op het lange uiteinde van het breekijzer. Zo kan hij een grote kracht uitoefenen.



figuur 1 Een brandweerman maakt de deur open met een breekijzer.



figuur 2 Een breekijzer.

HEFBOOM

Een breekijzer is een voorbeeld van een hefboom. Een **hefboom** heeft drie punten (figuur 3):
- een werkpunt;
- een draaipunt;
- een lastpunt.



figuur 3 Een hefboom heeft drie punten: werkpunt, lastpunt en draaipunt.

Het **werkpunt** is waar je de kracht uitoefent.
Bij het **draaipunt** kan de hefboom draaien.
Met het **lastpunt** oefent de hefboom een kracht uit op een voorwerp.

1 Van welk materiaal is een breekijzer gemaakt?
- ○ A Een breekijzer is gemaakt van staal dat gemakkelijk buigt.
- ○ B Een breekijzer is gemaakt van staal dat snel breekt.
- ○ C Een breekijzer is gemaakt van staal dat sterk is.

2 Een brandweerman maakt met een breekijzer een autodeur open.
Met het breekijzer maakt hij de kracht *GROTER* / *KLEINER*.

3 Bij een breekijzer zit het lastpunt *WEL* / *NIET* op het korte uiteinde.

4 Welk uiteinde van het breekijzer moet de brandweerman tussen de deur duwen?
- ○ A het korte uiteinde
- ○ B het lange uiteinde
- ○ C Het maakt geen verschil.

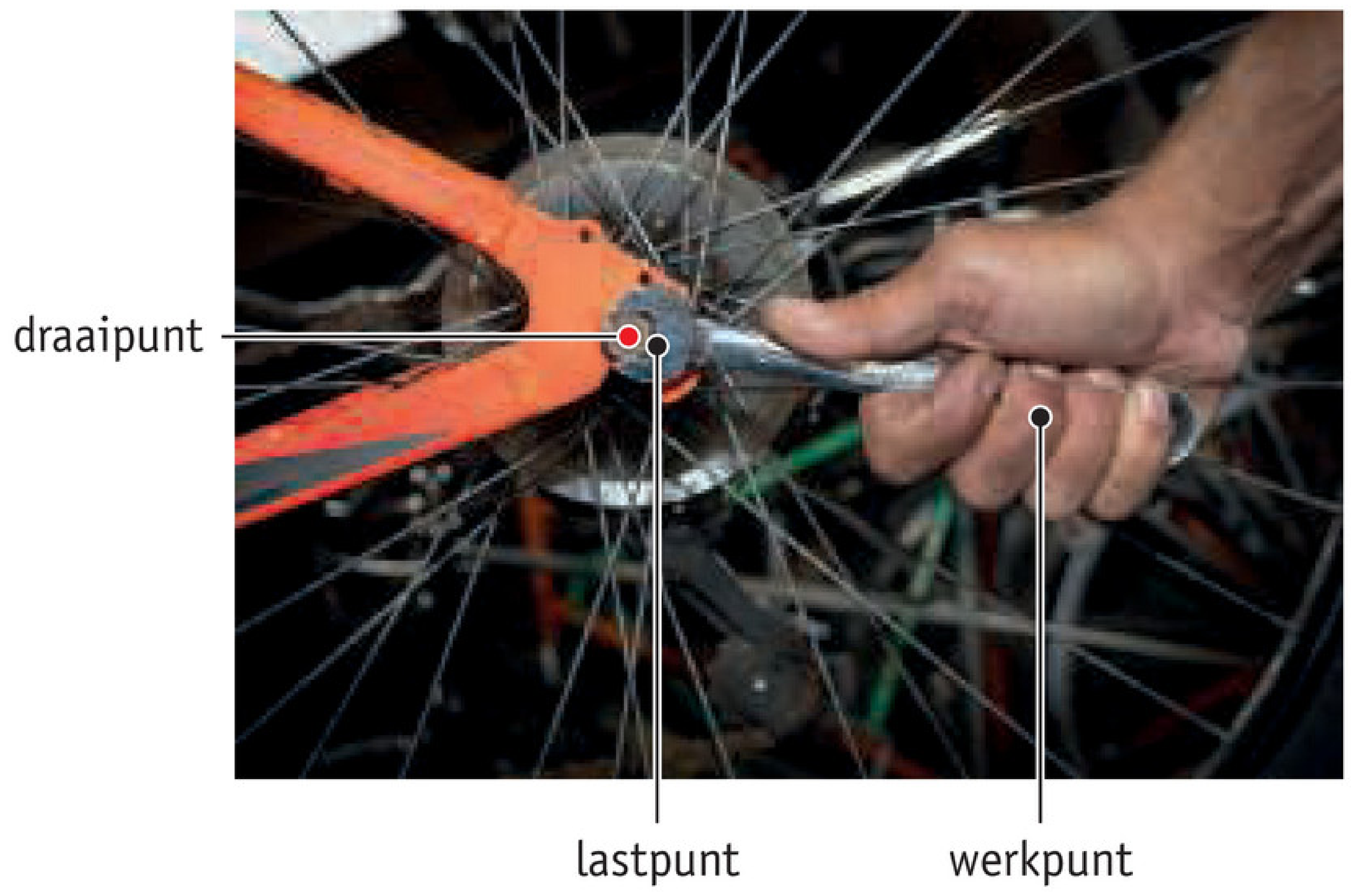
5 Een hefboom gebruik je *WEL* / *NIET* om de kracht groter te maken.

6 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *belangrijke – draaipunt – werkpunt – lastpunt*.

Een hefboom heeft drie .... punten. Het .... is waar je de kracht uitoefent. Bij het .... kan de hefboom draaien. Met het .... oefent de hefboom een kracht uit op een voorwerp.

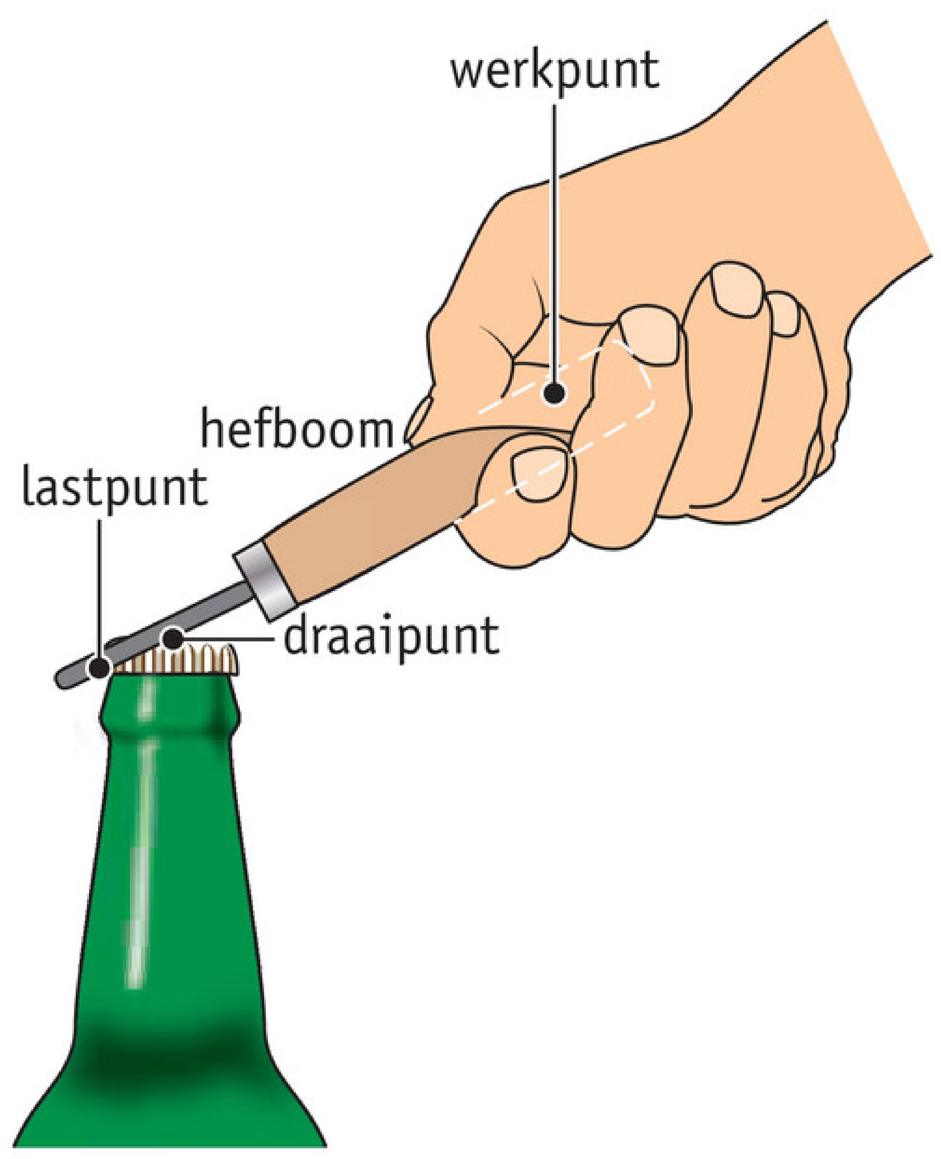
ENKELE HEFBOMEN

Met een hefboom kun je een kracht groter maken. Met je vingers krijg je de moer in figuur 4 nooit los. Met een steeksleutel kun je de moer wel losdraaien. Het midden van de moer is het draaipunt van de hefboom. Het andere uiteinde van de steeksleutel is het werkpunt. Het lastpunt zit op de punten aan de buitenkant van de zeskantmoer.

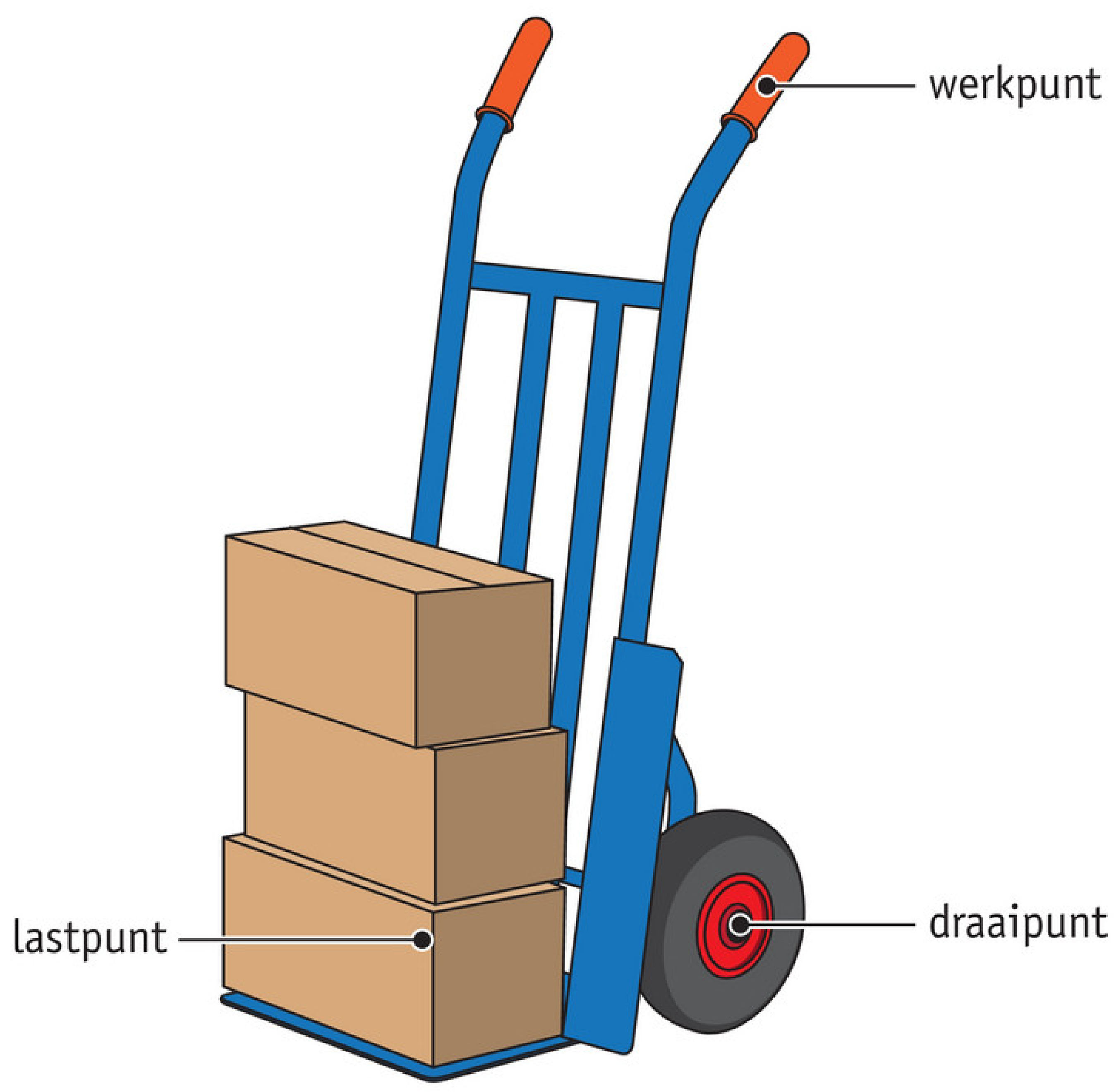


figuur 4 Een steeksleutel.

Een flesopener is ook een hefboom (figuur 5). Je hebt een werkpunt, een lastpunt en een draaipunt. Met een flesopener kun je de kracht vergroten. Met je blote handen krijg je de fles nooit open. Met de opener lukt het wel.



figuur 5 Een flesopener.

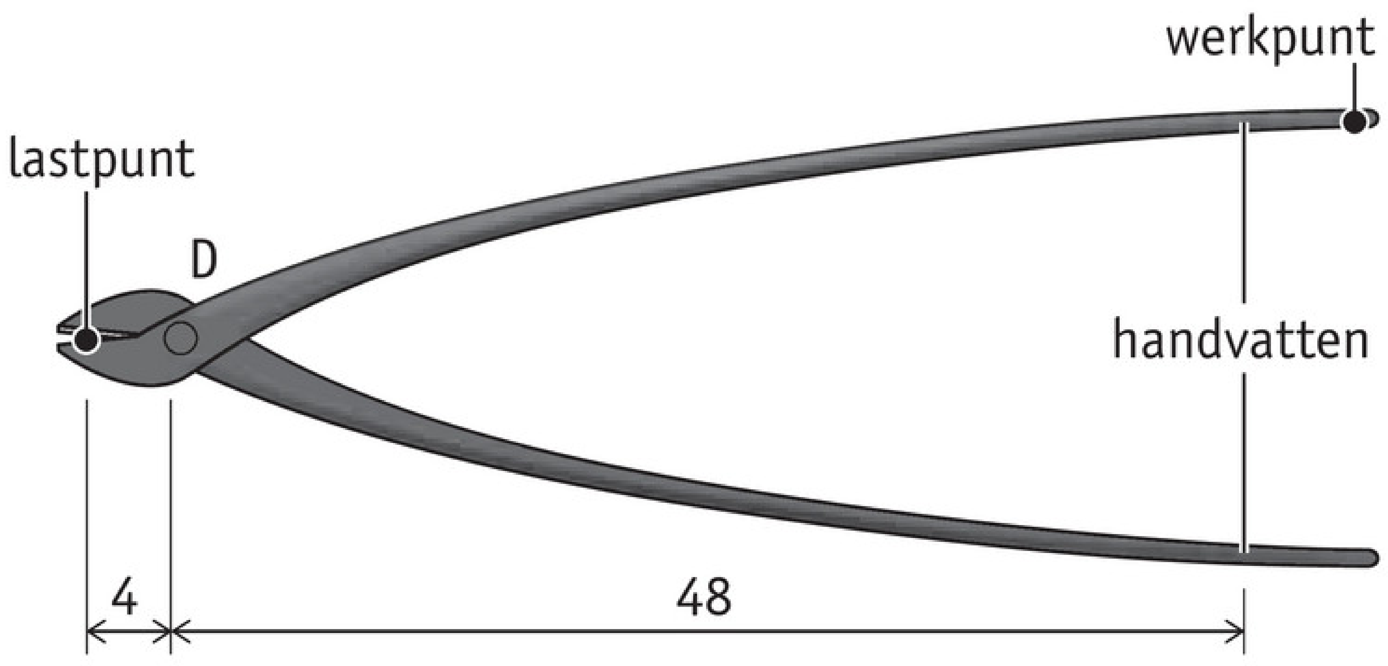


figuur 6 Met een steekwagen kun je zware dozen vervoeren.

Bij een steekwagen zet je zware dozen op het korte uiteinde (figuur 6). De wielen zijn het draaipunt. Aan het lange uiteinde zitten de handvatten. Je hebt weinig kracht nodig om de dozen op te tillen. Daarna kun je ze vervoeren.

DUBBELE HEFBOOM

Ook met een tang kun je de kracht vergroten (figuur 7). Een tang bestaat uit twee hefbomen, die samen draaien om één punt (D). Met een tang kun je bijvoorbeeld draden en kabels van metaal doorknippen.



figuur 7 Een tang bestaat uit twee hefbomen.

Andere soorten tangen en scharen zijn ook voorbeelden van **dubbele hefbomen**.

7 Je tilt een zware steen op. Hiervoor gebruik je een paal als hefboom.
Hoe noem je de plaats waar je op de hefboom duwt?

- ○ A het buigpunt
- ○ B het draaipunt
- ○ C het lastpunt
- ○ D het werkpunt

8 Waar zit het lastpunt van een breekijzer?

- ○ A aan het eind van het korte stuk
- ○ B aan het eind van het lange stuk
- ○ C op het punt waar de hefboom draait
- ○ D precies midden tussen het korte en het lange stuk

9 Freek maakt een verfpot met een schroevendraaier open (figuur 8).

- Zet in de tekening een stip en de letter W bij het werkpunt.
- Zet in de tekening een stip en de letter L bij het lastpunt.
- Zet in de tekening een stip en de letter D bij het draaipunt.

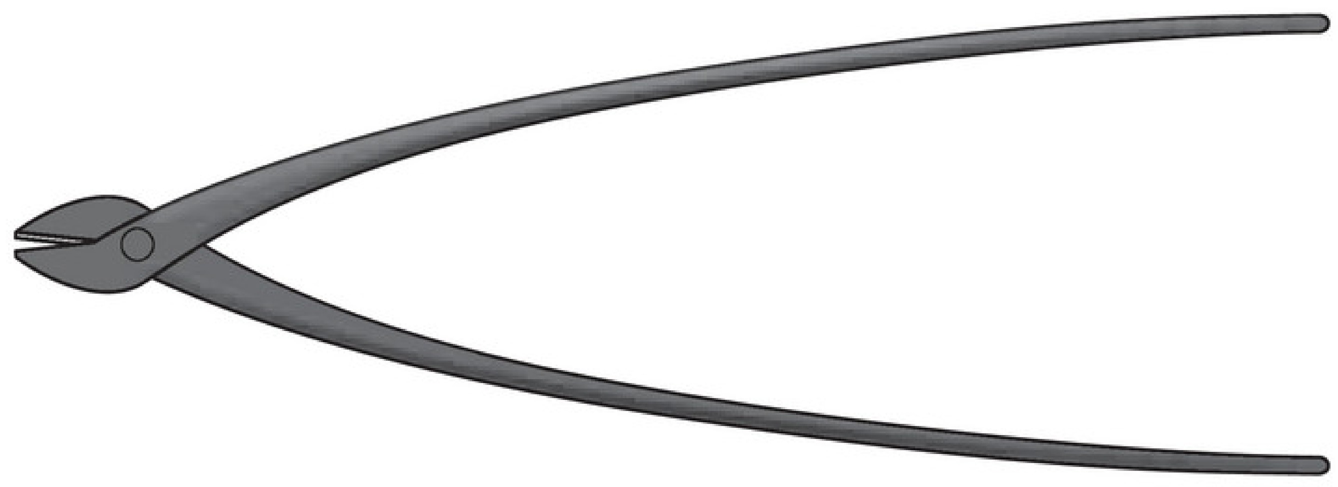


figuur 8 Freek maakt een verfpot open.

10 In figuur 9 is een tang getekend. Deze tang heeft twee hefbomen.

a Schrijf in de tekening een stip en de letter D waar het draaipunt is.

b Schrijf in de tekening bij de werkpunten een stip en de letter W en bij de lastpunten een stip en de letter L.



figuur 9 Een tang.

★ 11 In de leerstof staat een aantal hefbomen.
Schrijf nog drie andere hefbomen op die niet in de leerstof staan.

....

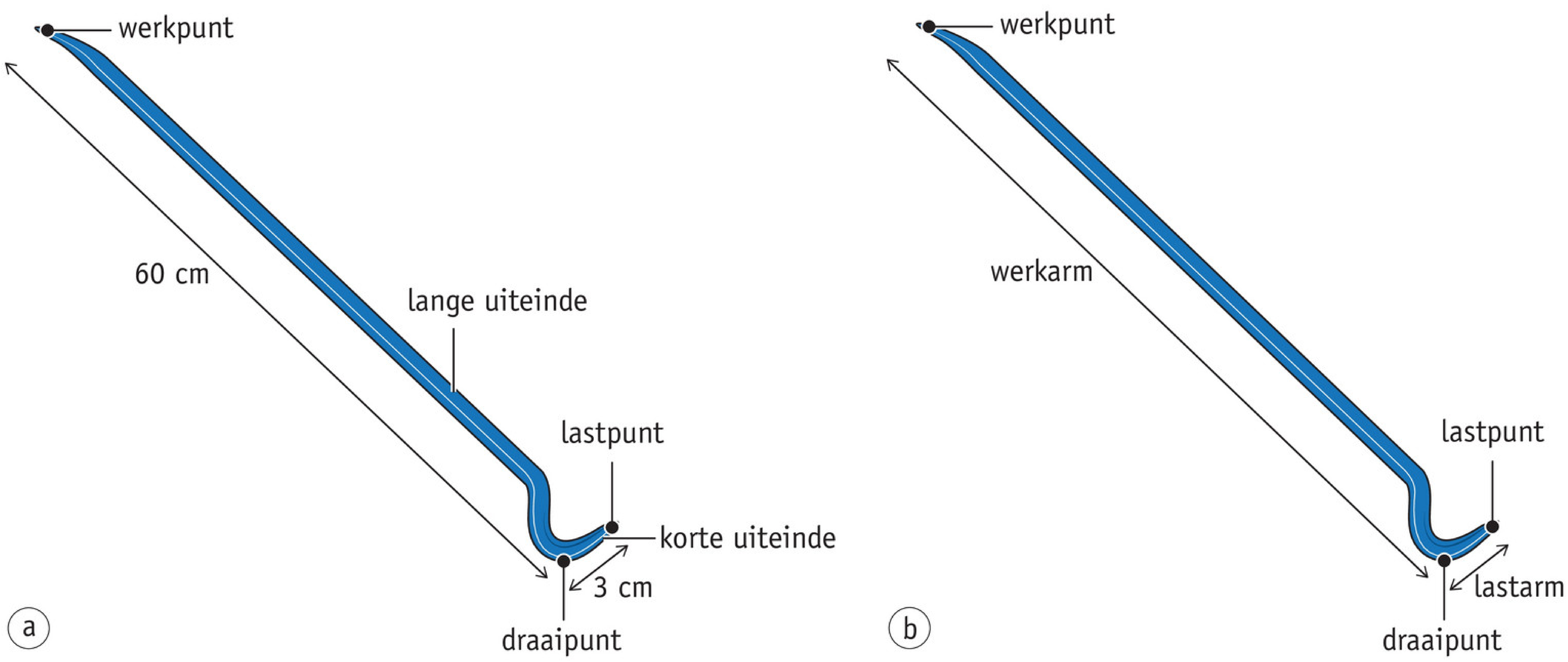
KRACHTVERGROTING

Een brandweerman moet een autodeur openmaken. Hij gebruikt een breekijzer. Door deze hefboom kan hij meer kracht uitoefenen op de deur. In figuur 10a zie je nog een keer het breekijzer. De brandweerman zet het lastpunt tussen de deur. Het draaipunt zet hij tegen de auto. De brandweerman duwt op het werkpunt.

Kijk nog eens naar de figuren van de hefbomen hiervoor. Je ziet bij alle hefbomen een lang uiteinde en een kort uiteinde. Het lange uiteinde houd je vast. Met het korte uiteinde zet je kracht op een voorwerp.

Bij het breekijzer is het werkpunt 60 cm van het draaipunt. Deze afstand noem je de **werkarm** (figuur 10b). Hoe langer de werkarm, hoe meer je kracht wordt vergroot.
Het lastpunt is 3 cm van het draaipunt. Deze afstand noem je de **lastarm** (figuur 10b). Hoe korter de lastarm, hoe meer je kracht wordt vergroot.

figuur 10 Breekijzer met maten.



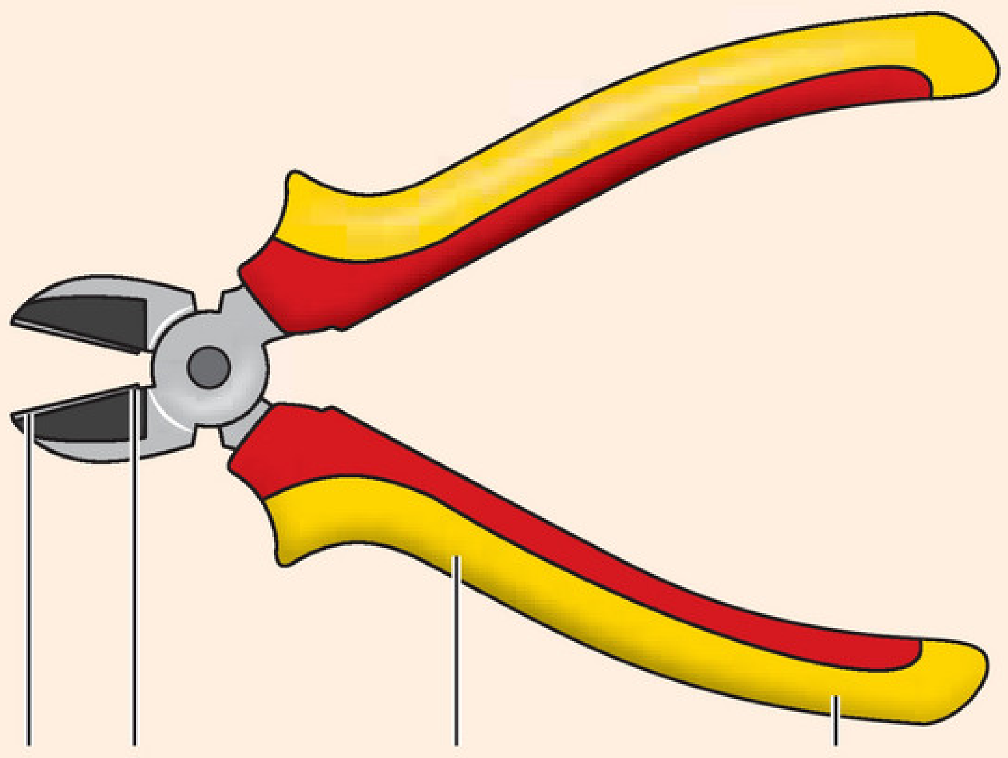
PROEF 1 EEN DRAAD DOORKNIPPEN

15 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ kniptang
- ☐ 10 cm koperdraad (ongeveer 2 mm dik)

Uitvoering



figuur 11 De opstelling voor proef 1.

Meting 1

- Neem de tang in je hand (figuur 11).
- Plaats de koperdraad op plaats B.
- Knijp in de handvatten op plaats 2 en knip de koperdraad door.

1 Het doorknippen van de koperdraad gaat *GEMAKKELIJK / MOEILIJK*.

Meting 2

- Plaats de koperdraad in plaats B.
- Knijp in de handvatten op plaats 1 en probeer de koperdraad door te knippen.

2 Het doorknippen van de koperdraad gaat *GEMAKKELIJK / MOEILIJK.*

3 Het doorknippen van de koperdraad bij meting 2 gaat *GEMAKKELIJKER / MOEILIJKER* dan bij meting 1.

4 Welke arm heb je nu veranderd?

- ○ A de lastarm
- ○ B de werkarm

5 Hoe langer de *LASTARM / WERKARM*, hoe gemakkelijker je de draad doorknipt.

Meting 3

- Plaats de koperdraad in plaats A.
- Knijp in de handvatten op plaats 2 en probeer de koperdraad door te knippen.

6 Het doorknippen van de koperdraad gaat *GEMAKKELIJK* / *MOEILIJK.*

7 Het doorknippen van de koperdraad bij meting 3 gaat *GEMAKKELIJKER* / *MOEILIJKER* dan bij meting 1. (Tip: als je het niet meer weet, herhaal dan nog een keer meting 1).

8 Welke arm heb je nu veranderd?

○ A de lastarm
○ B de werkarm

9 Hoe korter de *LASTARM* / *WERKARM*, hoe makkelijker je de draad doorknipt.

- Ruim alles netjes op.

12 Bij een breekijzer heeft het werkpunt *WEL* / *NIET* de grootste afstand tot het draaipunt.

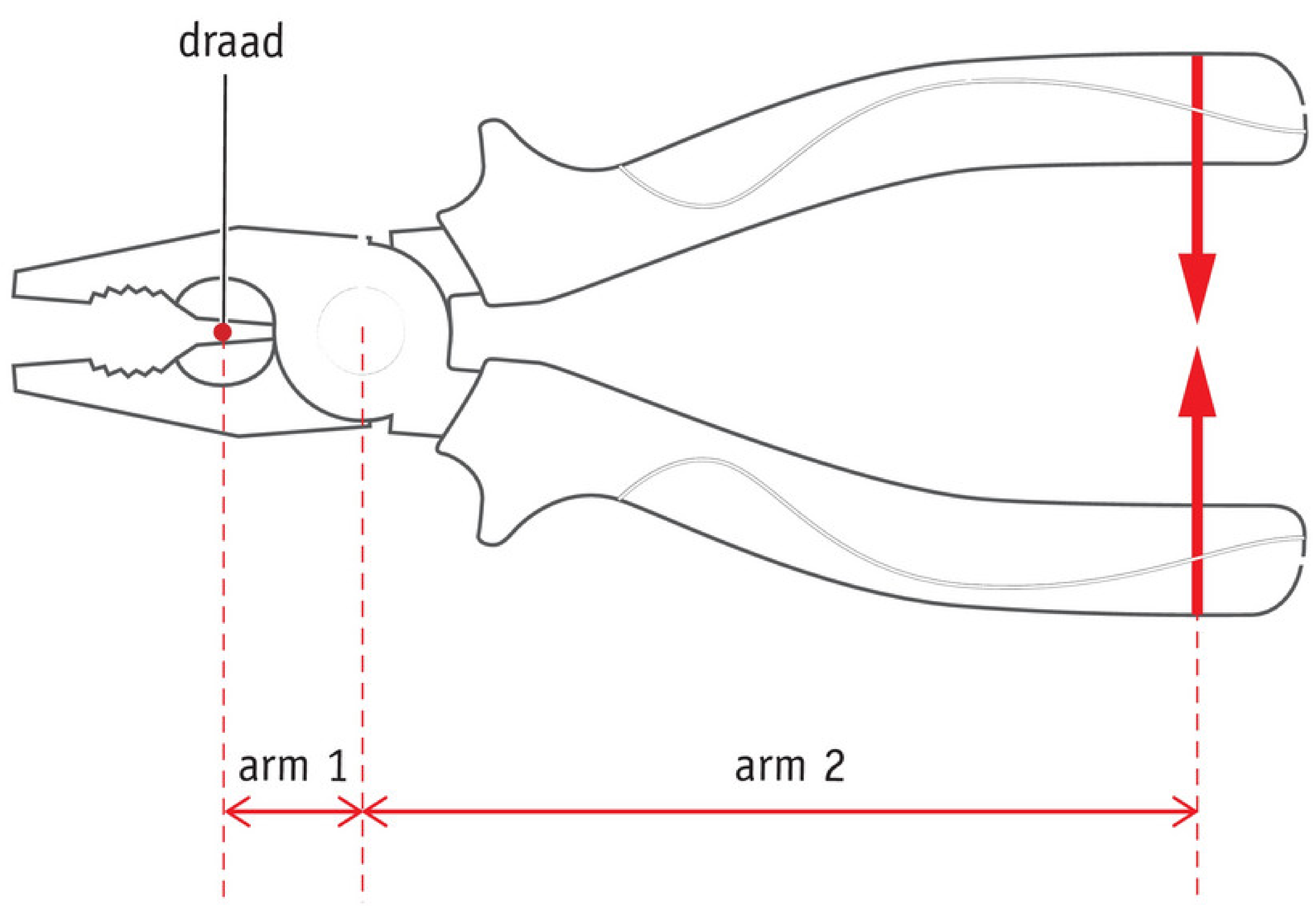
13 Het lastpunt heeft *WEL* / *NIET* de kleinste afstand tot het draaipunt.

14 Een combinatietang bestaat uit twee hefbomen (figuur 12). De tang wordt gebruikt om een draad door te knippen.

a Geef het draaipunt aan met een rode stip.
b Kleur de ene hefboom geel en de andere groen.
c De lengte van arm 1 is ....

De lengte van arm 2 is ....

d Arm 1 is de *LASTARM* / *WERKARM*.
Arm 2 is de *LASTARM* / *WERKARM*.
e De lastarm is *GROTER* / *KLEINER* dan de werkarm.
f De tang *VERGROOT* / *VERKLEINT* de werkkracht.



figuur 12 Een combinatietang.

15 Rashid heeft twee nijptangen (tang a en tang b) om ijzerdraad door te knippen (figuur 13).

a Geef bij beide nijptangen het draaipunt aan met een rode stip en zet er een D bij.

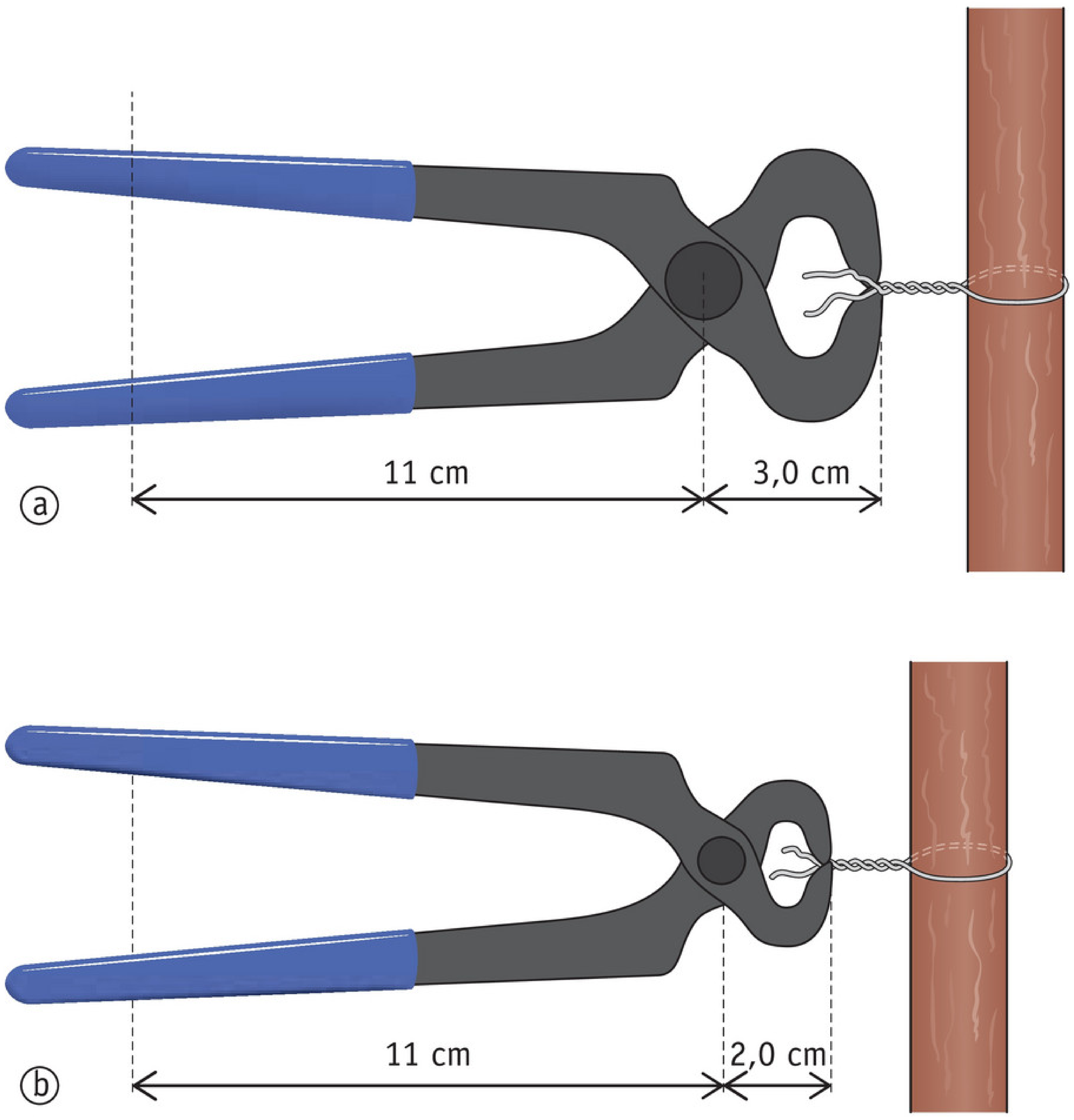
b Geef bij beide nijptangen de werkpunten aan met een rode stip en zet er een W bij.

c Geef bij beide nijptangen de lastpunten aan met een rode stip en zet er een L bij.

d De lastarm van tang a is *GROTER* / *KLEINER* dan de lastarm van tang b.

e Tang *a* / *b* vergroot de kracht het meest.

figuur 13 Twee nijptangen.



Werken als scootertechnicus — beroep



Dit is Gideon. Hij werkt in een fabriek voor elektrische scooters, e-bikes en fietsen. In de werkplaats zetten ze elektrische scooters in elkaar. Hiervoor gebruikt Gideon gereedschappen, zoals tangen, steeksleutels en ringsleutels. Gideon weet alles van scooters. Na zijn vmbo deed hij een opleiding tot scootertechnicus. Over zijn baan zegt hij: “Ik ben trots op wat ik doe. Het is mooi werk, zo’n scooter helemaal zelf in elkaar zetten.”

16 Lees de tekst ‘Werken als scootertechnicus’.
Gideon werkt met verschillende gereedschappen.
Welke soort hefboom is elk gereedschap?

- ringsleutel *ENKELE* / *DUBBELE* hefboom
- steeksleutel *ENKELE* / *DUBBELE* hefboom
- tang *ENKELE* / *DUBBELE* hefboom

ONTHOUD

Met een hefboom kun je krachten vergroten.

Een hefboom heeft een werkpunt, een lastpunt en een draaipunt.

Een breekijzer en een steeksleutel zijn voorbeelden van enkele hefbomen.
Een tang en een schaar zijn voorbeelden van dubbele hefbomen.

Een hefboom heeft een lang uiteinde en een kort uiteinde.
Het lange uiteinde is de werkarm. Het korte uiteinde is de lastarm.
Hoe langer de werkarm, hoe meer je kracht wordt vergroot.
Hoe korter de lastarm, hoe meer je kracht wordt vergroot.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

6 Druk

LEERDOELEN

4.6.1 Je kunt beschrijven wat druk is.
4.6.2 Je kunt uitleggen hoe de druk op een ondergrond verandert bij het vergroten van het oppervlak.
4.6.3 Je kunt uitleggen hoe de druk op een ondergrond verandert bij het verkleinen van het oppervlak.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	4.6.1	4.6.2	4.6.3
Onthouden	2	3	
Begrijpen		1, 4, 5, 6, 13	9
Toepassen		8	10, 11b, 12
Analyseren		7	11a

Met een scherp mes snijd je gemakkelijker door een tomaat dan met een bot mes. Dat kun je natuurkundig verklaren als je naar het snijoppervlak kijkt.

ZWAARTEKRACHT OP EEN OPPERVLAK

In figuur 1 zie je dat je dat het veel meer pijn doet als Leone op je voet gaat staan met haar hak (figuur 1a) dan als Ingrid dat doet met haar sneaker (figuur 1b). Toch is de massa van Leone even groot als die van Ingrid. De zwaartekracht op Leone is dus ook even groot als die op Ingrid.

figuur 1 Zwaartekracht op een oppervlak. Leone en Ingrid zijn even zwaar.



(a) hak van Leone (b) sneaker van Ingrid

Maar bij Leone komt alle zwaartekracht samen in de punt van haar hak. Daardoor doet het veel pijn als ze op jouw voet gaat staan. Bij Ingrid wordt de zwaartekracht verdeeld over een veel grotere schoenzool. De zwaartekracht wordt dus ook verdeeld over jouw hele voet. Daardoor doet het minder pijn als Ingrid op je voet gaat staan.

De zwaartekracht werkt naar beneden. Daardoor oefenen Leone en Ingrid **druk** uit op de grond of op jouw voet. De druk is de kracht die werkt op één vierkante centimeter van het oppervlak. De druk wordt kleiner als het oppervlak groter wordt.

OPPERVLAK VERGROTEN

Kijk naar figuur 2. Stel je voor dat hier een vrouw op hoge hakken loopt. Haar hakken zouden meteen in de grond wegzakken. Een naaldhak heeft namelijk een klein oppervlak waarmee op de grond wordt gedrukt.
De zwaartekracht op de tractor is erg groot. Toch zakt hij niet weg in de grond. Dat komt doordat de banden een groot oppervlak hebben. De kracht die de tractor op de grond uitoefent wordt verdeeld over een groot oppervlak. Hoe groter het oppervlak, hoe kleiner de druk.



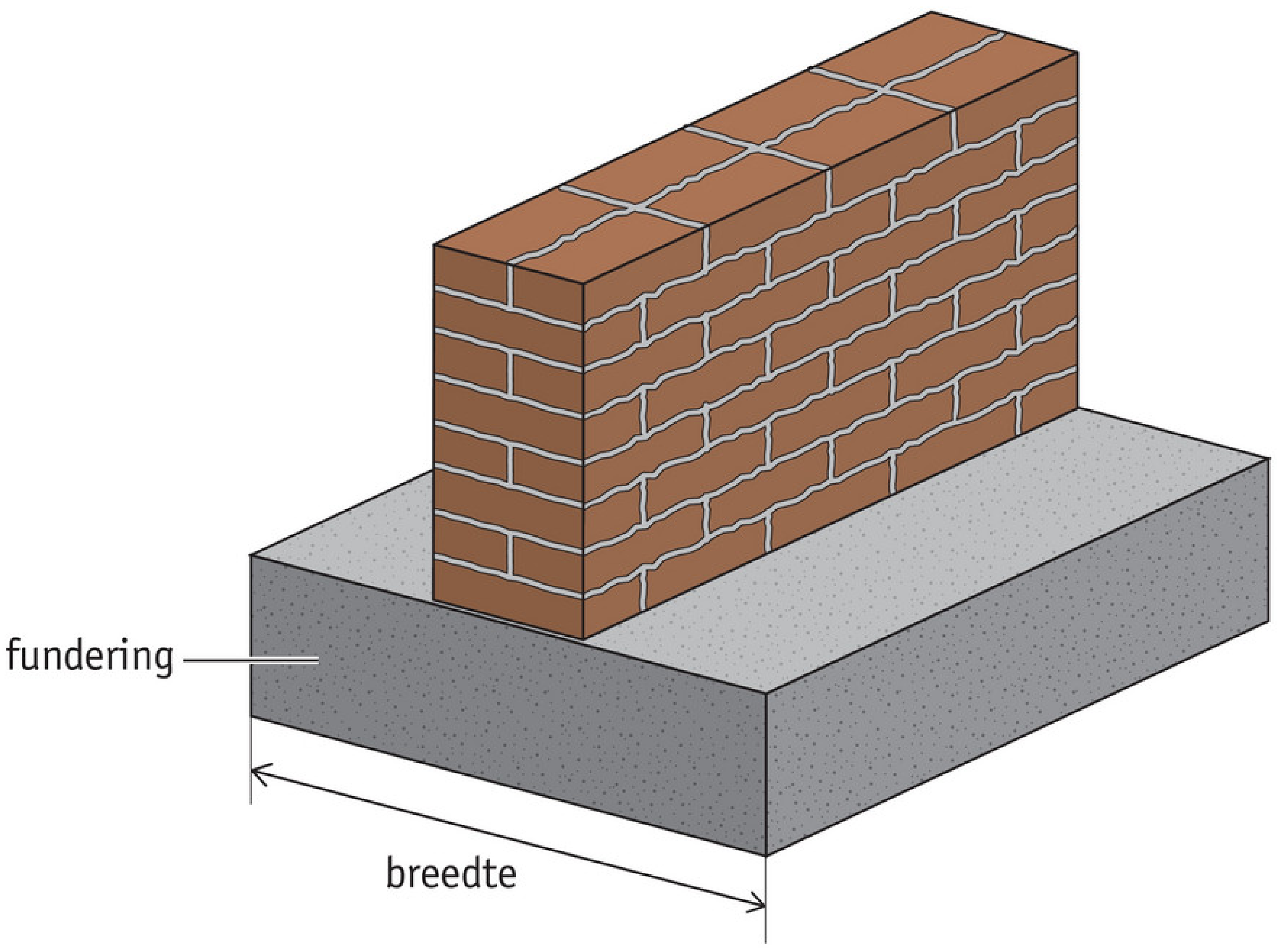
figuur 2 Brede banden verlagen de druk.



figuur 3 De platen verdelen de druk over de grond.

In figuur 3 zie je het onderste deel van een hijskraan. Het is een zware machine. Hij moet zware dingen tillen. De hijskraan mag dan niet wegzakken in de grond. Daarom zijn er grote platen onder gelegd. De kracht die de hijskraan op de grond uitoefent wordt verdeeld over een groot oppervlak. De druk wordt kleiner door het oppervlak te vergroten.

Muren staan op een brede fundering, zodat ze niet wegzakken (figuur 4). De kracht die de muren op de grond uitoefenen wordt verdeeld over een groter oppervlak. De druk wordt kleiner door het oppervlak te vergroten.



figuur 4 De fundering heeft een groter oppervlak dan de muur.

1

Je hebt sneakers aan en je staat op één voet. Je zwaartekracht wordt dus verdeeld over het oppervlak van je schoenzool. Valerie is even zwaar als jij. Valerie draagt schoenen met spitse hakken. Valerie staat op één hak van haar schoen.
De druk van jouw schoen op de grond is *GROTER* / *KLEINER* dan die van de hak van Valerie.
De druk van de spitse hak op de grond is *GROTER* / *KLEINER* dan de druk van jouw schoen.

2

Druk is de kracht die werkt op één vierkante .... van het oppervlak.

3

Je kunt de druk verkleinen door het oppervlak te *VERGROTEN* / *VERKLEINEN*.

4

Wat voor banden kun je het best gebruiken op een tractor die door los zand moet rijden?
- ○ A grote brede banden
- ○ B grote smalle banden
- ○ C kleine brede banden
- ○ D kleine smalle banden

5

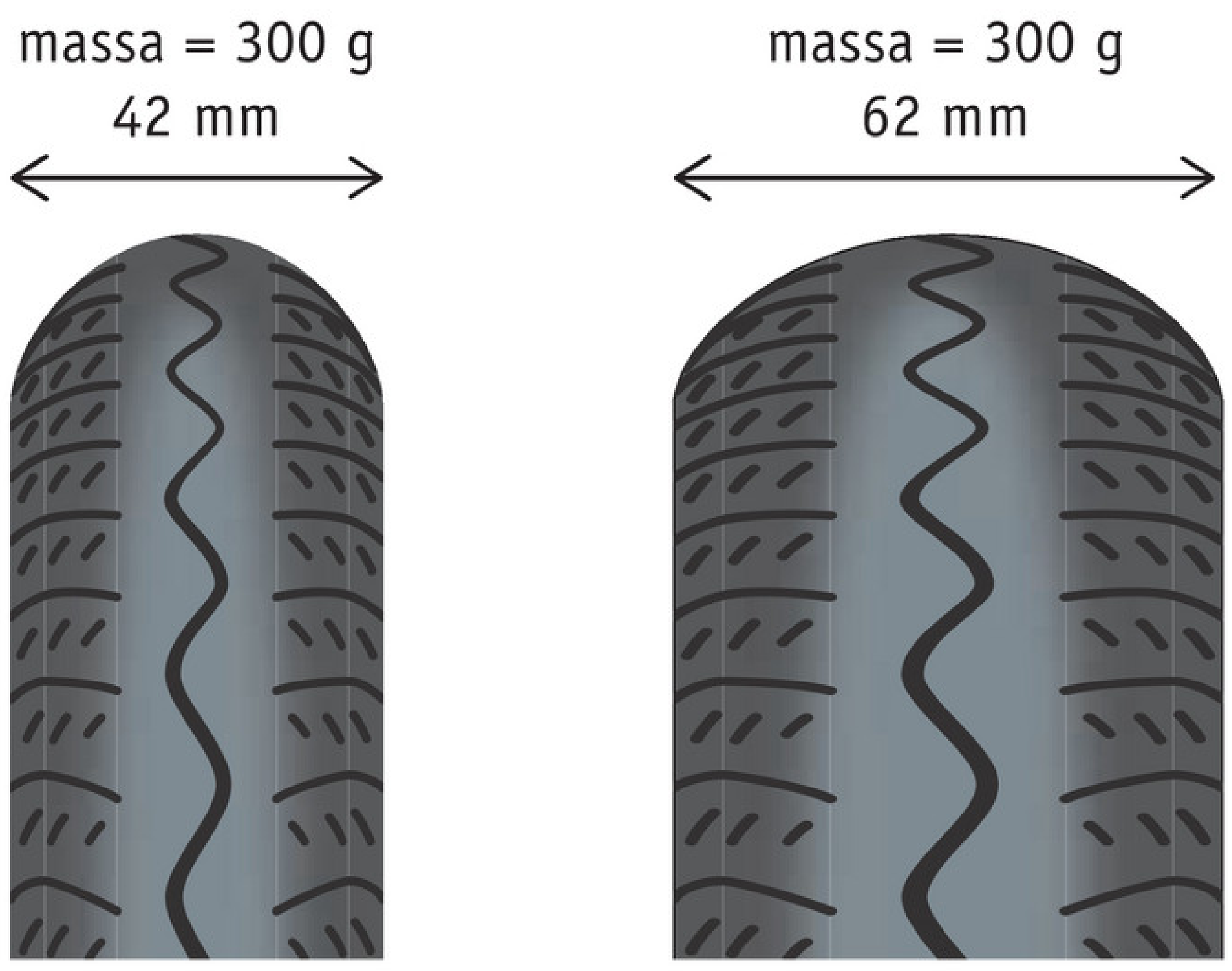
Een boerin komt thuis van een feest. Ze loopt op schoenen met smalle hakken door de modder naar de boerderij. Binnen kleedt zij zich om en loopt door dezelfde modder naar de stal, maar nu op laarzen.
Wanneer zakt de boerin het diepst weg in de modder?
Als ze op *LAARZEN* / *SCHOENEN MET SMALLE HAKKEN* loopt.

6

Waarom staan muren op een fundering?
- ○ A om de druk onder de muur te vergroten
- ○ B om de druk onder de muur te verkleinen
- ○ C om de muur breder te maken
- ○ D om de muur sterker te maken

7

Bart heeft een mountainbike. Hij heeft bredere banden gekocht en monteert deze onder zijn fiets (figuur 5). Bart gaat op zijn fiets rijden.
Geef voor elke grootheid aan of deze verandert door de nieuwe bredere banden.
- De massa van Bart en zijn fiets samen
  BLIJFT GELIJK / *WORDT GROTER* / *WORDT KLEINER*.
- De zwaartekracht op Bart en zijn fiets samen
  BLIJFT GELIJK / *WORDT GROTER* / *WORDT KLEINER*.
- De oppervlakte van de banden op de weg
  BLIJFT GELIJK / *WORDT GROTER* / *WORDT KLEINER*.
- De druk op de weg *BLIJFT GELIJK* / *WORDT GROTER* / *WORDT KLEINER*.



figuur 5 Een smalle en een brede fietsband.

★ 8

Tim is door het ijs gezakt (figuur 6). Zijn vader kruipt liggend over het ijs naar hem toe.
Leg uit waarom Tims vader het best op het ijs kan gaan liggen.

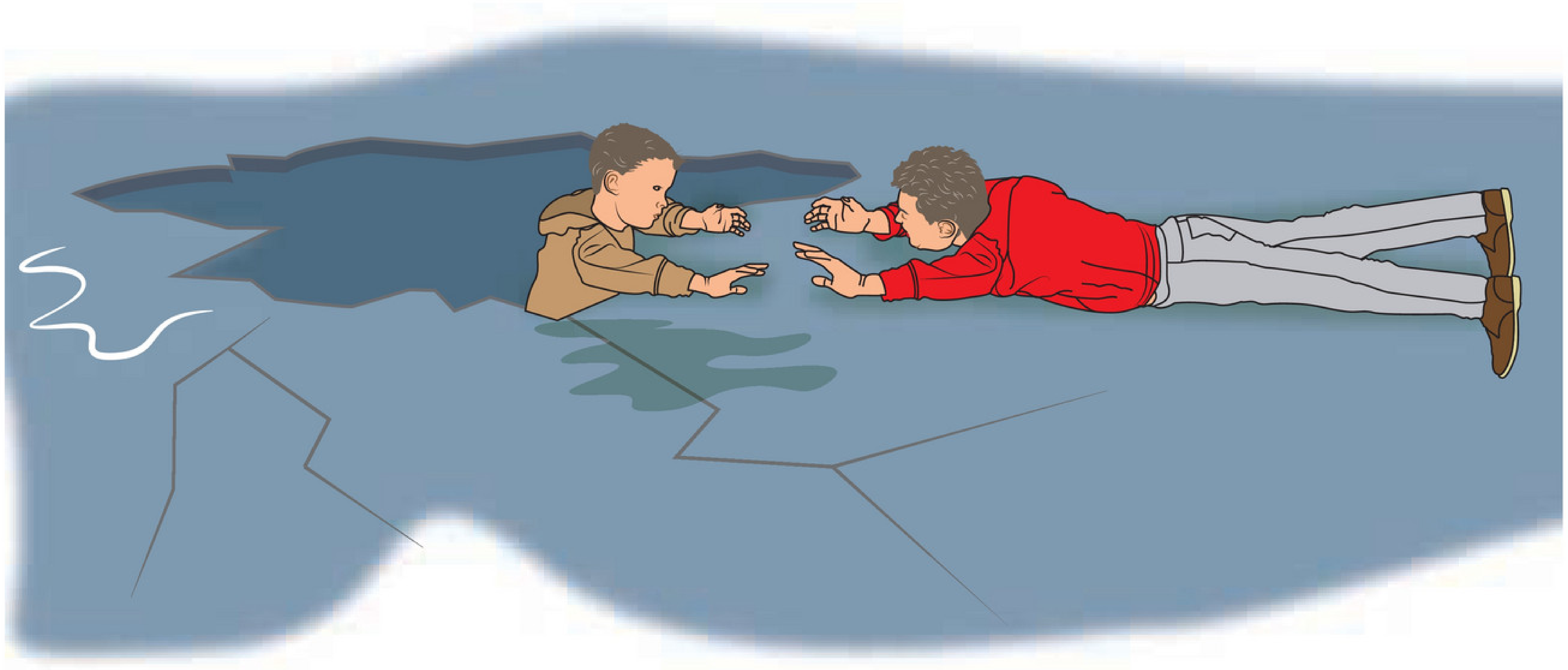
....

....

....

....

....

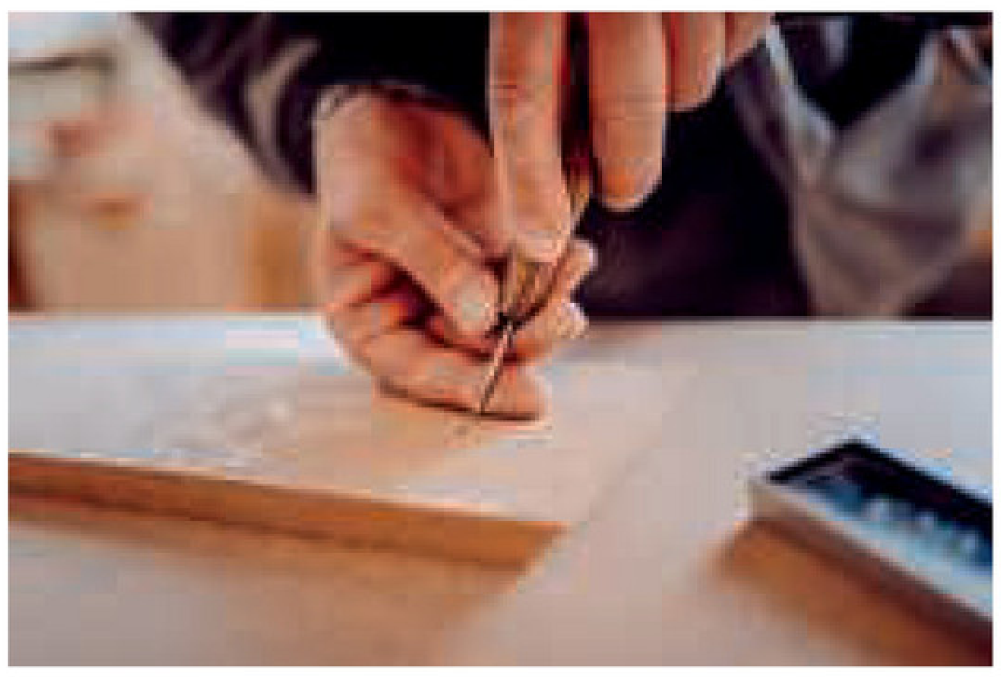


figuur 6 Groter oppervlak, minder druk.

OPPERVLAK VERKLEINEN

Als je een schroef in een stuk hout draait, kan er een scheur ontstaan in het hout. Je kunt dan beter eerst een gaatje in het hout maken, zodat de scheur niet ontstaat.

Met een priem kun je gemakkelijk een gaatje maken in een stuk hout (figuur 7). Hoe scherper de priem is, hoe gemakkelijker je het gaatje kunt maken. Als de priem scherp is, heeft hij een klein oppervlak. Hoe kleiner het oppervlak, hoe groter de druk.



figuur 7 Een timmerman maakt een gaatje in hout.

9 Waarom zak je op schoenen met spitse hakken dieper weg in de modder dan op laarzen?
Zet in de uitleg hierna de woorden op de juiste plaats.
Kies uit: *druk – kracht – oppervlak*.

De .... op de grond is in beide gevallen even groot. De hakken hebben een kleiner .... dan de laarzen. De .... is dan groter. Daarom zak je met hakken verder in de modder dan met laarzen.

10 Meisjes van 13 jaar worden ingeënt tegen HPV (baarmoederhalskanker; figuur 8). De naald van de spuit heeft een heel scherpe punt.
Waarom is deze punt zo scherp?
- ○ A om de druk te vergroten
- ○ B om de druk te verkleinen
- ○ C om de naald sterker te maken
- ○ D om de naald gemakkelijker te kunnen richten



figuur 8 Een prik tegen HPV.

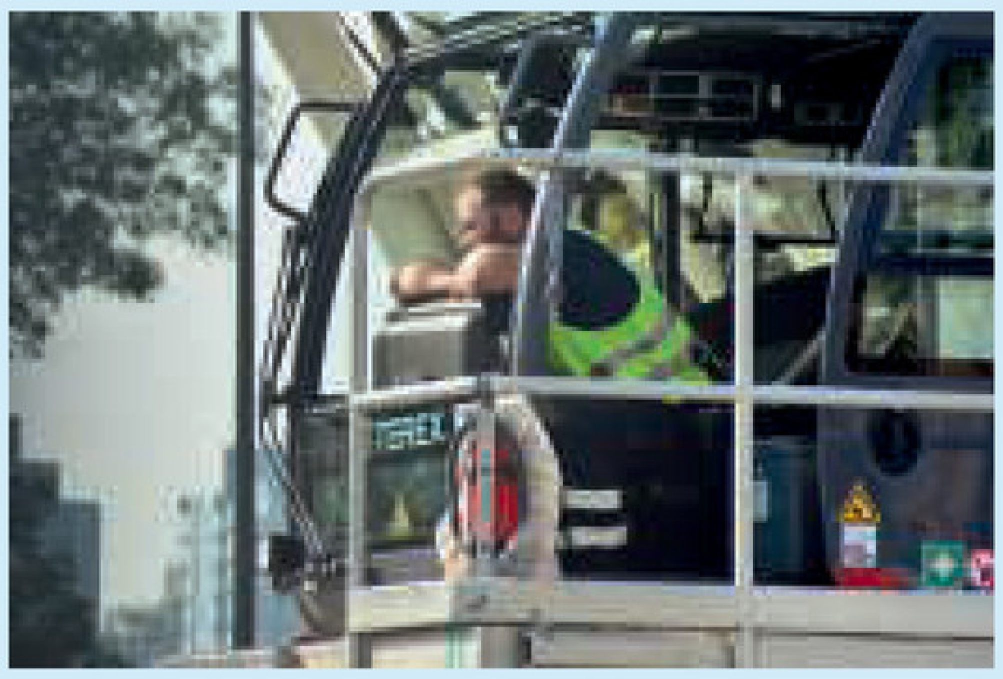
11 Je duwt een punaise in een houten plank.

a Waar is de kracht het grootst?
- ○ A bij de kop van de punaise
- ○ B bij de punt van de punaise
- ○ C De kracht is bij de kop van de punaise even groot als bij de punt.

b Waar is de druk het grootst?
- ○ A bij de kop van de punaise
- ○ B bij de punt van de punaise
- ○ C De druk is bij de kop van de punaise even groot als bij de punt.

12 Samir is kok in een restaurant. Hier gebruikt hij heel vaak zijn koksmes.
Om goed te kunnen snijden, slijpt Samir zijn mes regelmatig. Hierdoor wordt het snijoppervlak van zijn mes *GROOT* / *KLEIN*. Als hij groenten snijdt, is de druk *GROOT* / *KLEIN*. Hierdoor snijdt hij *WEL* / *NIET* gemakkelijk door de groenten heen.

Werken als kraanmachinist — beroep



Dimitri is kraanmachinist. Hij wacht op zijn collega's die een deel van een brug aan zijn Terex-Demag-cc-3800 kraan vastmaken. Zijn kraan kan voorwerpen tillen tot 650 000 kg. Dat is vergelijkbaar met zo'n 400 personenauto's. Dimitri: "Het is toch geweldig dat ik met die kleine joystick in mijn kraan zulke grote gewichten kan optillen. Het is natuurlijk ook heel spannend. Als zo'n gewicht valt, dan heb je meteen heel erg veel schade. Tijdens je opleiding leer je daarom veel over veiligheid."

13 Lees de tekst 'Werken als kraanmachinist'.
Als Dimitri bij een hijsklus aankomt, moet hij eerst zijn kraan in orde maken. Er komen vier enorme poten uit de kraan die de kraan ondersteunen. Onder deze poten legt Dimitri grote metalen platen. Deze zorgen ervoor dat de kraan niet wegzakt in de grond.
Deze platen *VERGROTEN* / *VERKLEINEN* het oppervlak van de poten. Zo wordt er *MEER* / *MINDER* druk uitgeoefend op de grond.

ONTHOUD
Druk is de kracht die werkt op één vierkante centimeter van het oppervlak.

Je verkleint de druk door het oppervlak te vergroten.
Hoe groter het oppervlak, hoe kleiner de druk.

Je vergroot de druk door het oppervlak te verkleinen.
Hoe kleiner het oppervlak, hoe groter de druk.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

Leerstofoverzicht

4.1 SOORTEN KRACHTEN

ONTHOUD

- Een kracht kun je niet zien. Je ziet wel het effect van een kracht.
- Een kracht kan de richting, de snelheid of de vorm van een voorwerp veranderen.
- Er zijn verschillende soorten krachten. Voorbeelden zijn:
  - spierkracht;
  - veerkracht;
  - spankracht;
  - zwaartekracht;
  - magnetische kracht.

BEGRIPPEN

effect van een kracht
Door een kracht verandert een voorwerp van richting, van snelheid of van vorm.

magnetische kracht
Kracht die een magneet uitoefent op een andere magneet, ijzer of nikkel.

spankracht
Kracht die in een touw, kabel of ketting ontstaat als je eraan trekt.

spierkracht
Kracht die komt van de spieren van mensen en dieren.

veerkracht
Kracht die ontstaat als je een veerkrachtig materiaal uitrekt of indrukt.

zwaartekracht
Kracht waarmee de aarde aan jou trekt en aan alles om je heen.

4.2 KRACHTEN TEKENEN

ONTHOUD

- Een kracht kun je tekenen als een pijl.
- Een kracht heeft een:
  - aangrijpingspunt;
  - richting;
  - grootte.
- Het symbool voor kracht is *F*.
- De eenheid van kracht is newton.
- 1 newton kort je af als: 1 N.
- De krachtenschaal is de afspraak over de kracht en de lengte van de pijl.
- Voorbeeld van een krachtenschaal: 1 cm ≙ 100 N. Je zegt: 1 cm komt overeen met 100 newton.
- Als je de lengte van een pijl en de krachtenschaal kent, dan kun je de grootte van de kracht berekenen met een verhoudingstabel.
- Als je de grootte van een kracht en de krachtenschaal kent, dan kun je de lengte van de pijl berekenen met een verhoudingstabel.

BEGRIPPEN

aangrijpingspunt
Geeft het punt aan waar de kracht aangrijpt.

F
Symbool voor kracht.

krachtenschaal
Verhouding die je kiest om krachten te kunnen tekenen. Geeft aan met hoeveel newton (N) één centimeter (cm) van de krachtpijl overeenkomt.

newton
Eenheid van kracht.

4.3 ZWAARTEKRACHT

ONTHOUD

- Op alle voorwerpen werkt de zwaartekracht.
- De zwaartekracht is de kracht waarmee de aarde voorwerpen aantrekt.
- De zwaartekracht werkt altijd naar beneden.
- De zwaartekracht bereken je met de volgende formule:
  zwaartekracht = massa × sterkte van de zwaartekracht
  of
  zwaartekracht = massa × 10
- Krachten meet je met een krachtmeter of veerunster.

BEGRIPPEN

krachtmeter
Instrument met een spiraalveer waarmee je krachten kunt meten.

veerunster
Ander woord voor krachtmeter. Instrument met een spiraalveer waarmee je krachten kunt meten.

4.4 NETTOKRACHT

ONTHOUD

- Als twee krachten evenwicht maken, dan moet aan drie voorwaarden zijn voldaan:
  - De krachten zijn even groot.
  - De krachten liggen op dezelfde lijn (in elkaars verlengde).
  - De krachten hebben een tegengestelde richting.
- Als krachten evenwicht maken, dan is de nettokracht op het voorwerp 0 N.
- De nettokracht is de optelsom van alle krachten samen.
- Om de nettokracht op een voorwerp te vinden, pas je twee regels toe:
  - Krachten in dezelfde richting tel je bij elkaar op.
  - Krachten in tegengestelde richting trek je van elkaar af.

BEGRIPPEN

evenwicht
Situatie waarbij alle krachten op een voorwerp elkaar opheffen. De nettokracht is dan 0 N.

nettokracht
De optelsom van alle krachten die op een voorwerp werken.

normaalkracht
Kracht die een oppervlak uitoefent op een voorwerp dat erop staat. De normaalkracht staat loodrecht op het oppervlak.

4.5 HEFBOMEN

ONTHOUD

- Met een hefboom kun je krachten vergroten.
- Een hefboom heeft een werkpunt, een lastpunt en een draaipunt.
- Een breekijzer en een steeksleutel zijn voorbeelden van enkele hefbomen.
- Een tang en een schaar zijn voorbeelden van dubbele hefbomen.
- Een hefboom heeft een lang uiteinde en een kort uiteinde.
- Het lange uiteinde is de werkarm. Het korte uiteinde is de lastarm.
- Hoe langer de werkarm, hoe meer je kracht wordt vergroot.
- Hoe korter de lastarm, hoe meer je kracht wordt vergroot.

BEGRIPPEN

draaipunt
Punt waar een hefboom omheen draait.

dubbele hefboom
Werktuig dat bestaat uit twee hefbomen die om hetzelfde draaipunt draaien.

hefboom
Werktuig waarmee een kleine kracht een grote kracht in evenwicht kan houden.

lastpunt
Plaats waar een hefboom een kracht uitoefent op een voorwerp.

lastarm
Afstand tussen het lastpunt en het draaipunt.

werkarm
Afstand tussen het werkpunt en draaipunt.

werkpunt
Plaats waar je een kracht uitoefent op een hefboom.

4.6 DRUK

ONTHOUD

- Druk is de kracht die werkt op één vierkante centimeter van een oppervlak.
- Je verkleint de druk door het oppervlak te vergroten.
- Hoe groter het oppervlak, hoe kleiner de druk.
- Je vergroot de druk door het oppervlak te verkleinen.
- Hoe kleiner het oppervlak, hoe groter de druk.

BEGRIP

druk
Kracht die werkt op één vierkante centimeter van het oppervlak.

Ga naar de *Flitskaarten*.

5

Bewegen

BEWEGEN
Een jetski is heel licht en heeft een krachtige motor. Hierdoor kun je heel snel optrekken. Je gaat steeds sneller varen. Soms is het fijn om met een rustige, gelijkmatige snelheid over een plas te varen. Je snelheid neemt dan niet toe of af. Als je klaar bent met varen rem je af, waardoor je snelheid afneemt.

INTRODUCTIE

THEORIE

AFSLUITING





Wat weet je al over bewegen?

LEERDOELEN

1 Je kunt de eenheid van snelheid benoemen.
2 Je kunt uitleggen wat er gebeurt met de snelheid bij een versnelde beweging en een vertraagde beweging.
3 Je kunt het verschil uitleggen tussen analoge en digitale meetapparatuur.
4 Je kunt seconden, minuten en uren naar elkaar omrekenen.
5 Je kunt meter en kilometer naar elkaar omrekenen.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over bewegen geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 De eenheid van snelheid is km/h.
Schrijf in woorden op wat km/h betekent.

....

2
a Een beweging waarbij de snelheid steeds groter wordt, noem je een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging.
b Een beweging waarbij de snelheid steeds kleiner wordt, noem je een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging.

3 Je ziet in figuur 1 twee meetinstrumenten.
Geef onder iedere figuur aan of het om een analoog of digitaal meetinstrument gaat.

figuur 1 Analoog of digitaal?



ANALOOG / *DIGITAAL*



ANALOOG / *DIGITAAL*

4

1 h = 3600 s
Reken de tijden om van uren naar seconden.

2 h = ... s

0,5 h = ... s

0,30 h = ... s

0,12 h = ... s

5

60 min = 1 h
1 min = 60 s
Reken de tijden om van minuten naar uren of naar seconden.

72 min = ... h

18 min = ... h

3 min = ... s

10 min = ... s

6

1000 m = 1 km
Reken de lengte om van m naar km.

3600 m = ... km

1200 m = ... km

870 m = ... km

15 m = ... km

7

1 km = 1000 m
Reken de lengte om van km naar m.

24 km = ... m

1,7 km = ... m

0,330 km = ... m

0,072 km = ... m

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Snelheid

LEERDOELEN

5.1.1 Je kunt uitleggen wat snelheid is.
5.1.2 Je kunt twee eenheden van snelheid benoemen.
5.1.3 Je kunt de snelheid in m/s en km/h naar elkaar omrekenen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.1.1	5.1.2	5.1.3
Onthouden	1, 7	2, 3, 4, 10	
Begrijpen	5, 6, 8		12, 13, 15, 16
Toepassen	9		11, 14
Analyseren			

Bij veel sportwedstrijden is snelheid belangrijk. De wielrenner of sprinter met de grootste snelheid wint de wedstrijd. De winnaar legt de afstand in de kortste tijd af.

EENHEID VAN SNELHEID

Steven doet mee aan een fietswedstrijd (figuur 1). Tijdens deze wedstrijd fietst hij op bepaalde stukken 55 kilometer per uur. Je zegt dan dat de **snelheid** van Steven 55 kilometer per uur is. Als Steven een uur lang deze snelheid zou fietsen, zou hij 55 km afleggen. Snelheid is de afstand die je in een bepaalde tijd aflegt.



figuur 1 In een fietswedstrijd rijdt Steven met grote snelheid.

De eenheid voor snelheid is **kilometer per uur**. Je kunt dit afkorten als **km/h**.
De betekenis van de afkorting is:
km = kilometer
/ = per
h = uur (in het Engels *hour*, vandaar de h)

Op de snelheidsmeter van een auto of een fiets kun je de snelheid aflezen. Je ziet de snelheid waarmee de auto of de fiets op dat moment rijdt (figuur 2).

figuur 2 Snelheidsmeters.



(a) in een auto (b) op een fiets

METER PER SECONDE

Bij hardlopen is de afstand vaak kort. Een voorbeeld is de 100 meter sprint (figuur 3). De afstand wordt gemeten in meter. De tijd wordt gemeten in seconden. De snelste sprintster ter wereld loopt de 100 meter in minder dan 11 seconden. De snelheid van een atleet meet je in meter per seconde.

Meter per seconde is ook een eenheid van snelheid, net als km/h.
Meter per seconde kort je af als **m/s**. De betekenis van de afkorting is:
m = meter
/ = per
s = seconde



figuur 3 Bij de 100 meter sprint meet je de afstand in meter.

1 Je rijdt met je vader in een auto.
Hoe kun je weten met welke snelheid de auto rijdt?

Dat kun je zien op de ....

2 Welke eenheid gebruik je voor de snelheid van een auto?
Schrijf de eenheid in woorden op.

....

3 Hoe schrijf je de eenheid voor de snelheid van een auto als afkorting? ....

4 m is de afkorting van ....

s is de afkorting van ....

m/s is de afkorting van ....

5 Els loopt in een uur een afstand van 4,5 kilometer. Peter loopt in een uur 4,9 kilometer.
Wie loopt met de grootste snelheid?
- ○ A Els, want zij legt in een uur de grootste afstand af.
- ○ B Els, want zij legt in een uur de kleinste afstand af.
- ○ C Peter, want hij legt in een uur de grootste afstand af.
- ○ D Peter, want hij legt in een uur de kleinste afstand af.

6 Tim fietst twee uur en legt een afstand af van 25 kilometer. Tooske fietst 25 kilometer in een tijd van een uur en drie kwartier.
Wie heeft het snelst gefietst?
- ○ A Tim, want hij legt de 25 km af in de kortste tijd.
- ○ B Tim, want hij legt de 25 km af in de langste tijd.
- ○ C Tooske, want zij legt de 25 km af in de kortste tijd.
- ○ D Tooske, want zij legt de 25 km af in de langste tijd.

7 Wat wordt bedoeld met het begrip snelheid?

Snelheid is de .... gedeeld door de .... die je daarvoor nodig hebt.

Je kunt ook zeggen: snelheid is de .... die je aflegt per ....

of per ....

8 In figuur 2b zie je de snelheidsmeter van een fiets.
Deze snelheidsmeter is *ANALOOG* / *DIGITAAL*.

9 Schrijf drie voorbeelden op van sporten waarbij de sporter met de grootste snelheid de wedstrijd wint.

....

....

SNELHEID OMREKENEN

Je kunt de snelheid van een sprinter geven in meter per seconde, maar ook in kilometer per uur. Als je de snelheid in meter per seconde weet, kun je ook uitrekenen hoe groot de snelheid in kilometer per uur is.

Als je langzaam loopt, is je snelheid ongeveer 1 m/s.
Hoeveel is dat in km/h?

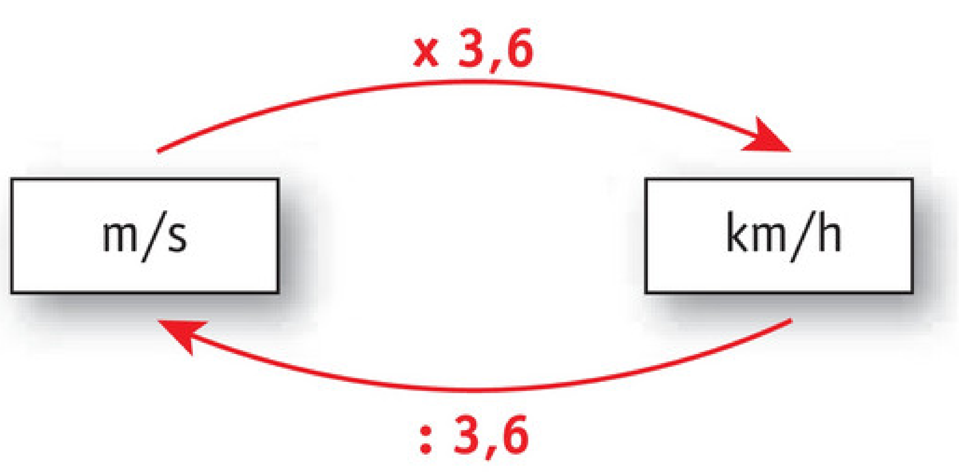
Reken eerst uit hoeveel meter je aflegt in 1 uur (1 uur = 3600 seconden).

In 1 seconde loop je 1 meter.
In 3600 s loop je 3600 s × 1 m/s = 3600 m.

3600 m in een uur = 3,6 km in een uur

Een snelheid van 1 m/s is hetzelfde als 3,6 km/h.

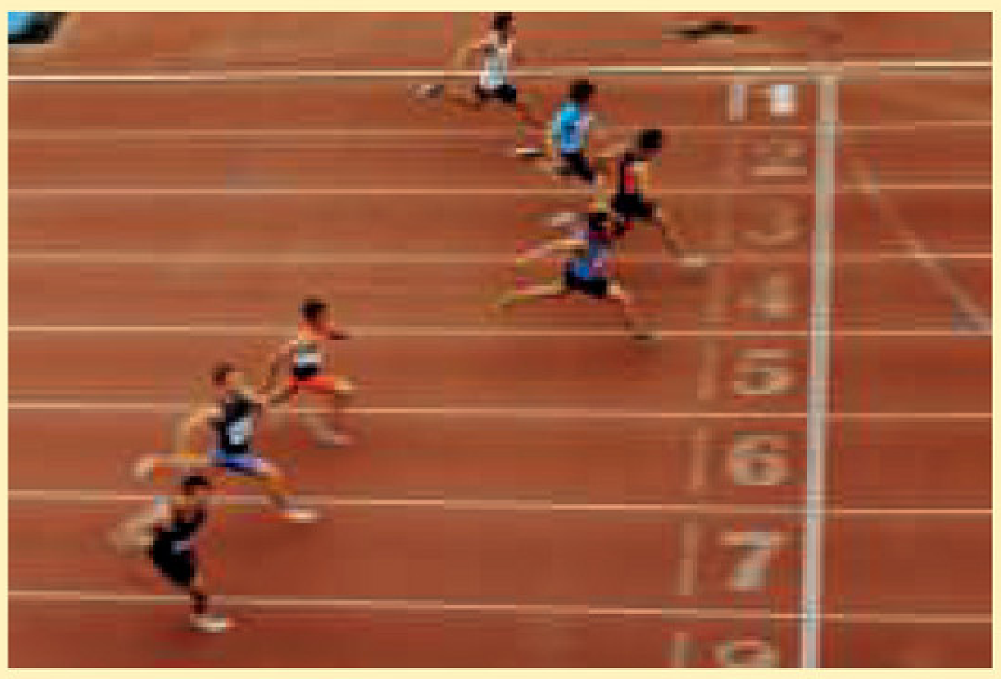
Bij omrekenen van m/s naar km/h moet je vermenigvuldigen met 3,6 (figuur 4).
Bij omrekenen van km/h naar m/s moet je delen door 3,6.



figuur 4 Zo reken je de snelheid om.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een sprinter rent met 10 m/s (figuur 5).
Hoe groot is zijn snelheid in km/h?



figuur 5 De sprinter rent 10 m/s.

gegevens	snelheid = 10 m/s
gevraagd	snelheid = ? km/h
uitwerking	Bij omrekenen van m/s naar km/h moet je vermenigvuldigen met 3,6. 10 m/s = 10 × 3,6 = 36 km/h

De sprinter rent met een snelheid van 36 km/h.

VOORBEELDOPDRACHT 2
Een auto rijdt 90 km/h (figuur 6).
Hoe groot is zijn snelheid in m/s?

gegevens snelheid = 90 km/h

gevraagd snelheid = ? m/s

uitwerking Bij omrekenen van km/h naar m/s moet je delen door 3,6.
90 km/h = 90 : 3,6 = 25 m/s

De auto rijdt 25 m/s.



figuur 6 De auto rijdt 90 km/h.

10 In welke twee eenheden meet je snelheid?

....

....

11 Een hert rent met een snelheid van 15 m/s (figuur 7).
Hoe groot is zijn snelheid in km/h?

gegevens snelheid = ... m/s

gevraagd snelheid = ? km/h

uitwerking Bij omrekenen van m/s naar km/h moet je vermenigvuldigen met ....

15 m/s = ... × .... = ... km/h

Het hert rent met een snelheid van .... km/h.



figuur 7 Een rennend hert.

12 Reken de snelheden om van m/s naar km/h.
Tip: gebruik figuur 4.

10 m/s = ... km/h

120 m/s = ... km/h

20 m/s = ... km/h

15 m/s = ... km/h

13 Reken de snelheden om van m/s naar km/h. Rond af op gehele getallen.
Tip: gebruik figuur 4.

24 m/s = ... km/h

17 m/s = ... km/h

3 m/s = ... km/h

82 m/s = ... km/h

14 Een roofvogel maakt een duikvlucht met een snelheid van 144 km/h (figuur 8).
Hoe groot is zijn snelheid in m/s?

gegevens snelheid = ... km/h

gevraagd snelheid = ? m/s

uitwerking Bij omrekenen van km/h naar m/s moet je delen door ....

144 km/h = ... : .... = ... m/s

De snelheid van de roofvogel is .... m/s.



figuur 8 Een valk in duikvlucht.

15 Reken de snelheden om van km/h naar m/s.
Tip: gebruik figuur 4.

36 km/h = ... m/s

252 km/h = ... m/s

72 km/h = ... m/s

18 km/h = ... m/s

16 Reken de snelheden om van km/h naar m/s. Rond af op gehele getallen.
Tip: gebruik figuur 4.

30 km/h = ... m/s

50 km/h = ... m/s

120 km/h = ... m/s

1000 km/h = ... m/s

ONTHOUD

Snelheid is de afstand die je aflegt in een bepaalde tijd.

De eenheid van snelheid is kilometer per uur.
Kilometer per uur kort je af als km/h.

Meter per seconde is ook een eenheid van snelheid.
Meter per seconde kort je af als m/s.

Bij omrekenen van m/s naar km/h moet je vermenigvuldigen met 3,6.
Bij omrekenen van km/h naar m/s moet je delen door 3,6.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Rekenen met snelheid

LEERDOELEN

5.2.1 Je kunt de gemiddelde snelheid van een voorwerp berekenen.
5.2.2 Je kunt de afstand berekenen die een bewegend voorwerp aflegt in een bepaalde tijd.
5.2.3 Je kunt berekenen hoelang een bewegend voorwerp over een bepaalde afstand doet.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.2.1	5.2.2	5.2.3
Onthouden	1ab, 2	10	14
Begrijpen	9ab		
Toepassen	3, 4, 5, 6, 7, 8	11, 12, 13	15, 16, 17
Analyseren			

Je gaat op vakantie en je weet hoeveel kilometer je moet rijden. Je gaat via de snelweg. De gemiddelde snelheid is daar ongeveer 100 kilometer per uur. Je kunt nu berekenen hoelang je ongeveer onderweg bent.

SNELHEID

Abraham doet mee aan een autorally (figuur 1). Tijdens de rally verandert de snelheid van Abraham steeds. Soms rijdt hij met grote snelheid over een recht stuk weg. Even later moet hij afremmen voor een bocht. Na de bocht moet hij weer optrekken om op snelheid te komen. En als er veel kuilen in de weg zitten, moet hij langzamer rijden.



figuur 1 Abraham trekt op na een bocht.

De afstand van de rally is 240 kilometer. Abraham rijdt deze wedstrijd in 2 uur. Je kunt niet dé snelheid uitrekenen van Abraham, maar wel de **gemiddelde snelheid**. De gemiddelde snelheid is de afstand die je in een bepaalde tijd aflegt. Hierbij houd je rekening met optrekken, afremmen en stilstaan tijdens een rit.

De gemiddelde snelheid bereken je door de afstand te delen door de tijd die je nodig hebt om die afstand af te leggen.
Je kunt dit opschrijven in een formule:

gemiddelde snelheid = afstand : tijd

VOORBEELDOPDRACHT 1

Abraham rijdt een rally van 240 km met veel bochten, maar ook rechte stukken. In de bochten is hij veel langzamer dan op de rechte stukken weg. Hij doet 2 uur over de rally.

Bereken de gemiddelde snelheid van Abraham.

gegevens afstand = 240 km
tijd = 2 h

gevraagd gemiddelde snelheid = ?

uitwerking gemiddelde snelheid = afstand : tijd
gemiddelde snelheid = 240 km : 2 h = 120 km/h

De gemiddelde snelheid van Abraham is 120 km/h.

PROEF 1 DE GEMIDDELDE SNELHEID BEPALEN

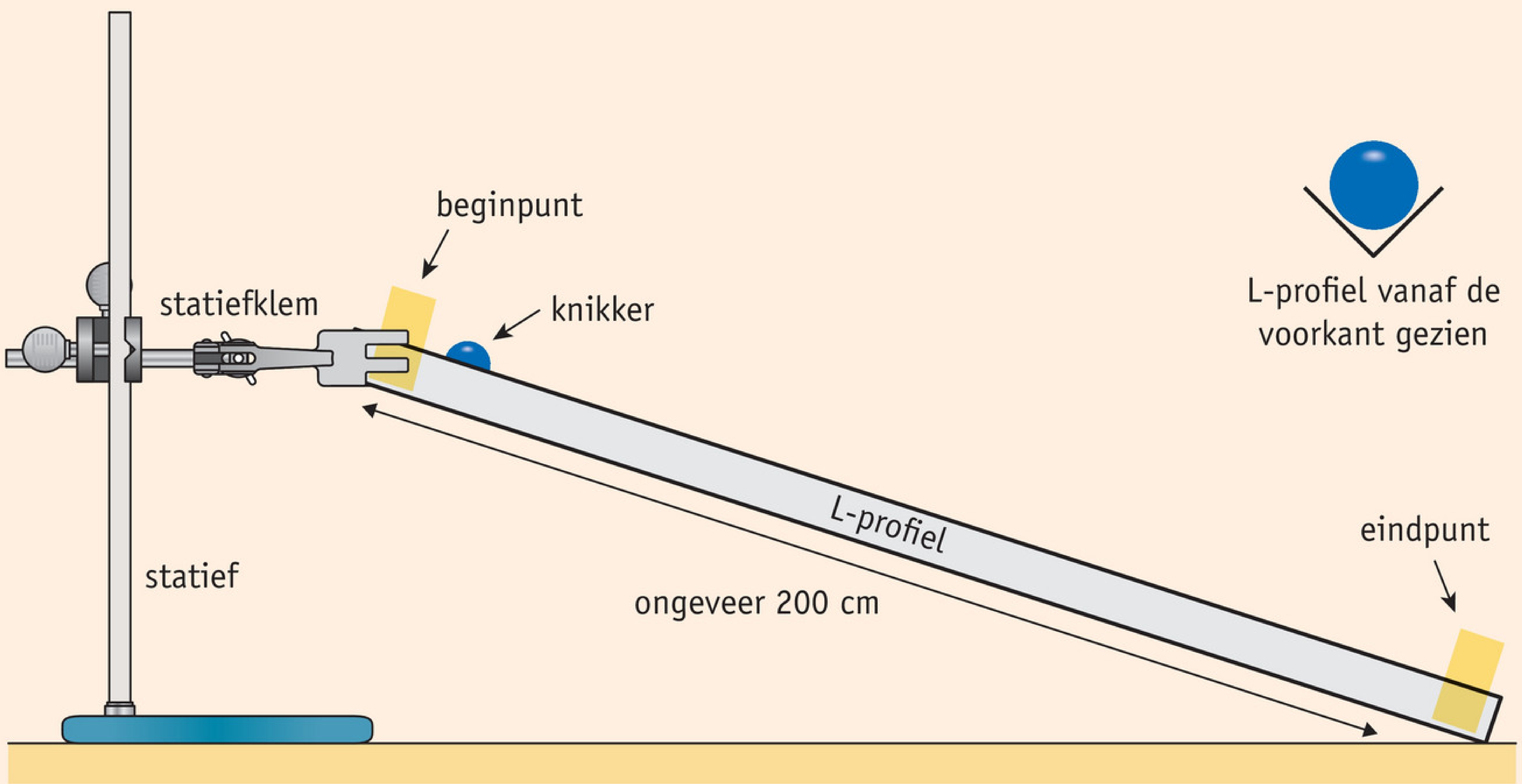
30 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ statief
- ☐ statiefklem
- ☐ knikker
- ☐ L-profiel (bijvoorbeeld een stucprofiel) van 2,10 m
- ☐ afplaktape
- ☐ stopwatch
- ☐ meetlat of meetlint

Uitvoering

- Plak afplaktape aan de buitenkant van het L-profiel bij het beginpunt en het eindpunt (figuur 2).



figuur 2 De opstelling van proef 1.

- Meet de afstand tussen het startpunt en het eindpunt.

1 De afstand tussen het beginpunt en het eindpunt is .... m.

- Schrijf deze afstand op in tabel 1, bij meting 1, 2 en 3 in de kolom afstand (m).

- Zet het statief met klem op de grond of op een tafel als die groot genoeg is.
- Zet de klem op het statief vast op 10 cm boven de grond of de tafel.
- Zet het L-profiel aan één kant vast met de klem, zodat de punt van het profiel naar beneden wijst.
- De andere kant van het profiel staat op de grond of op de tafel.

- Leg de knikker op het beginpunt.
- Pak de stopwatch en zet hem op 0.
- Laat de knikker los en start tegelijkertijd de tijdmeting.
- Stop de tijdmeting als de knikker voorbij het eindpunt rolt.
- Schrijf in tabel 1 de gemeten tijd in de kolom tijd (s) bij meting 1.

tabel 1 De resultaten van proef 1.

meting	afstand (m)	tijd (s)	gemiddelde snelheid (m/s)
1			
2			
3			

2 De snelheid bij het beginpunt is *WEL* / *NIET* even groot als bij het eindpunt.

- Voer deze meting nog twee keer uit en schrijf in tabel 1 de gemeten tijd in de kolom tijd (s) bij meting 2 en 3.

3 Bereken de gemiddelde snelheid van de knikker bij meting 1.

gegevens afstand = ... m

tijd = ... s

gevraagd gemiddelde snelheid = ? m/s

uitwerking gemiddelde snelheid = afstand : tijd

gemiddelde snelheid = ... m : .... s = ... m/s

De gemiddelde snelheid van de knikker is .... m/s.

- Schrijf deze gemiddelde snelheid in tabel 1 bij meting 1.

4 Bereken de gemiddelde snelheid van de knikker bij meting 2.

gegevens afstand = ... m

tijd = ... s

gevraagd gemiddelde snelheid = ? m/s

uitwerking gemiddelde snelheid = afstand : tijd

gemiddelde snelheid = ... m : .... s = ... m/s

De gemiddelde snelheid van de knikker is .... m/s.

- Schrijf deze gemiddelde snelheid in tabel 1 bij meting 2.

5 Bereken de gemiddelde snelheid van de knikker bij meting 3.

gegevens afstand = ... m

tijd = ... s

gevraagd gemiddelde snelheid = ? m/s

uitwerking gemiddelde snelheid = afstand : tijd

gemiddelde snelheid = ... m : .... s = ... m/s

De gemiddelde snelheid van de knikker is .... m/s.

- Schrijf deze gemiddelde snelheid in tabel 1 bij meting 3.

6

a De drie gemiddelde snelheden tijden die je gemeten hebt zijn *WEL / NIET* precies gelijk.

b Leg uit hoe dit komt.

....

....

....

....

....

....

....

....

- Ruim alles netjes op.

1 **a** De snelheid van een scooter in het verkeer is *WEL* / *NIET* steeds verschillend.

b Daarom spreek je over de .... snelheid van de scooter.

2 De gemiddelde snelheid van een scooter is 35 km/h.

Dat betekent dat de scooter in 1 uur een afstand van .... aflegt.

3 Stefan fietst in 2,0 uur een afstand van 48 kilometer. Tijdens de rit moet hij enkele keren stoppen voor een stoplicht.
Bereken de gemiddelde snelheid van Stefan.

gegevens afstand = ... km

tijd = ... h

gevraagd gemiddelde snelheid = ? km/h

uitwerking gemiddelde snelheid = afstand : tijd

gemiddelde snelheid = ... km : .... h = ... km/h

De gemiddelde snelheid van Stefan is .... km/h.

4 Tammy en Dewi rennen 12 kilometer en doen hier 1,5 uur over (figuur 3).
Hoe groot is de gemiddelde snelheid van Tammy en Dewi?

gegevens afstand = ...

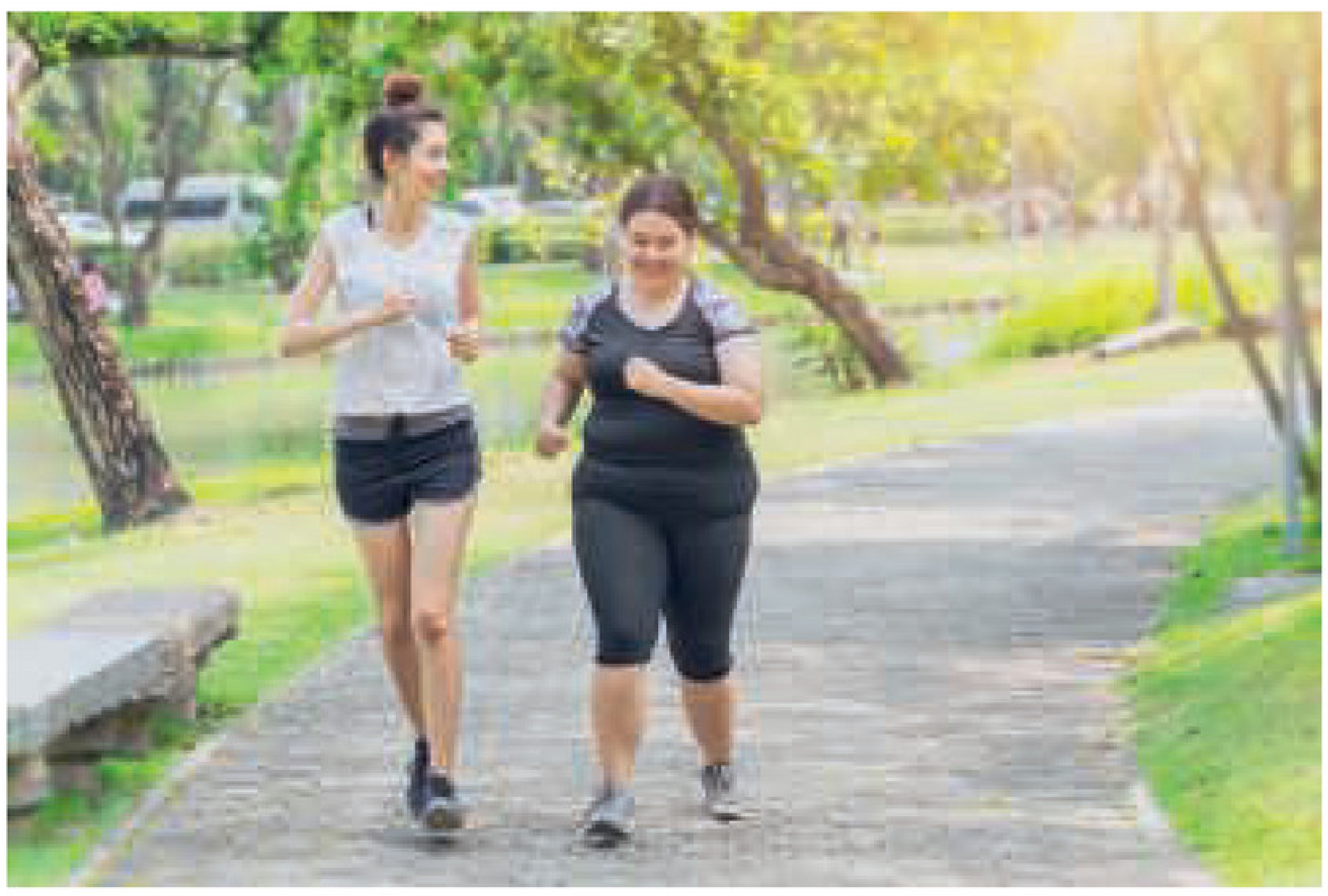
tijd = ...

gevraagd gemiddelde snelheid = ?

uitwerking gemiddelde snelheid = afstand : tijd

gemiddelde snelheid = ... : .... = ...

De gemiddelde snelheid van Tammy en Dewi is ....



figuur 3 Tammy en Dewi zijn onderweg.

5

Nadia fietst naar haar tante. Haar tante woont 62 kilometer bij haar vandaan.
Nadia is 5,2 uur onderweg, want ze neemt een pauze.
Hoe groot is de gemiddelde snelheid van Nadia? Rond je antwoord af op een geheel getal.

gegevens afstand = ...

tijd = ...

gevraagd gemiddelde snelheid = ?

uitwerking gemiddelde snelheid ....

gemiddelde snelheid ....

De gemiddelde snelheid van Nadia is ....

★ 6

In de winter worden veel schaatswedstrijden gehouden. Eén van de afstanden is de 500 meter.
Op een dag rijdt Kjeld de 500 meter in 40,0 seconden (figuur 4).
Hoe groot is zijn gemiddelde snelheid in km/h?

gegevens afstand = ...

tijd = ...

gevraagd gemiddelde snelheid = ? km/h

uitwerking ....

....

....

Reken om van m/s naar km/h.

.... m/s = ... = ... km/h

De gemiddelde snelheid van Kjeld is .... km/h.



figuur 4 Kjeld rijdt een schaatswedstrijd.

★ 7

De 1500 meter is een afstand bij schaatswedstrijden. Carla schaatst de 1500 meter.
Ze doet er precies 2 minuten over.
Hoe groot is de gemiddelde snelheid van Carla?

gegevens afstand = ...

tijd = ... minuten = ... × .... = ... s

gevraagd gemiddelde snelheid = ? m/s

uitwerking ....

.... m : .... s = ...

De gemiddelde snelheid van Carla is ....

★ 8

Een rups kruipt over een plant (figuur 5). Na 1,8 uur is de rups 72 cm verder.
Tussendoor eet de rups bladeren.
Hoe groot is de gemiddelde snelheid van de rups?

gegevens afstand = ...

tijd = ...

gevraagd gemiddelde snelheid = ? cm/h

uitwerking ....

.... cm/h

De gemiddelde snelheid van de rups is ....



figuur 5 Een rups eet een blad kaal.

AFSTAND

Je zit bij je moeder in de auto. Jullie rijden van Amsterdam naar Maastricht. De gemiddelde snelheid tijdens de rit is 100 kilometer per uur. Jullie zijn 2 uur onderweg. Je kunt nu uitrekenen hoe groot de afstand is tussen Amsterdam en Maastricht.

De gemiddelde snelheid is 100 kilometer per uur. In 1 uur leg je 100 kilometer af.
De tijd die je rijdt, is 2 uur. In 2 uur leg je 2 × 100 km = 200 km af.
De afstand is dus 200 kilometer.

Als je de afstand wilt berekenen die je aflegt, gebruik je de formule:

afstand = gemiddelde snelheid × tijd

Bij natuurkunde noem je de afstand ook wel de **afgelegde weg**.
De afgelegde weg is dus een ander woord voor afstand.
Je zegt dat de afgelegde weg 200 kilometer is.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Dilana rijdt op haar scooter van huis naar school. Dilana is 24 minuten onderweg. Ze rijdt met een gemiddelde snelheid van 40 km/h.
Reken de afstand uit tussen haar huis en de school.

gegevens: gemiddelde snelheid = 40 km/h
tijd = 24 minuten = 24 : 60 = 0,40 h

gevraagd: afstand = ?

uitwerking: afstand = gemiddelde snelheid × tijd
afstand = 40 km/h × 0,40 h = 16 km

De afstand tussen Dilana's huis en school is 16 km.

9 Meneer Houben rijdt met de auto naar school. Het is erg druk op de weg. Zijn gemiddelde snelheid is daarom maar 35 kilometer per uur. Hij is precies 1 uur onderweg.

a Meneer Houben woont .... km van school.

b Op een andere dag rijdt meneer Houben 55 minuten als hij naar school gaat. Hij rijdt altijd over dezelfde weg.
Welke uitspraak is juist over de gemiddelde snelheid van meneer Houben op deze dag?
○ A Zijn gemiddelde snelheid is nu groter dan 35 km/h.
○ B Zijn gemiddelde snelheid is nu kleiner dan 35 km/h.
○ C Zijn gemiddelde snelheid is nu precies 35 km/h.

10 Met welke formule bereken je de afgelegde weg of afstand?

afstand = ...

11 Hein gaat met zijn ouders op fietsvakantie. Op de eerste dag zijn ze 10 uur onderweg. Ze rusten vaak en ze stoppen soms om iets te bekijken. De gemiddelde snelheid is daarom maar 6,5 kilometer per uur.
Bereken de afstand die Hein en zijn ouders op die eerste dag afleggen.

gegevens gemiddelde snelheid = ... km/h

tijd = ... h

gevraagd afstand = ? km

uitwerking afstand = gemiddelde snelheid × tijd

afstand = ... km/h × .... h = ... km

Hein en zijn ouders hebben .... km afgelegd op de eerste dag.

12 Een vliegtuig heeft een gemiddelde snelheid van 800 kilometer per uur. Een vliegreis duurt 3 uur.
Hoeveel kilometer legt het vliegtuig af in deze 3 uur?

gegevens gemiddelde snelheid = ...

tijd = ...

gevraagd afstand = ?

uitwerking afstand = gemiddelde snelheid × tijd

afstand = ... × .... = ...

De afgelegde weg van het vliegtuig is ....

13 Een supersnelle trein rijdt gemiddeld 160 kilometer per uur (figuur 6). Een reis van Amsterdam naar Parijs duurt 3 uur en 18 minuten.
Bereken de afstand tussen Amsterdam en Parijs.

gegevens ....

tijd = ... h en .... min = ... h

gevraagd afstand = ?

uitwerking ....

....

De afstand tussen Amsterdam en Parijs is ....



figuur 6 De Thalys voor vertrek van Amsterdam Centraal Station.

TIJD UITREKENEN

Je zit bij je broer achter op de scooter. Jullie gaan samen naar een voetbalwedstijd. Hiervoor moeten jullie 50 km rijden. De snelheidsmeter geeft niet steeds dezelfde snelheid aan. De gemiddelde snelheid is 25 kilometer per uur. Je kunt nu uitrekenen hoelang jullie onderweg zijn.

De gemiddelde snelheid is 25 kilometer per uur. Je moet in totaal 50 kilometer afleggen.
Over 25 kilometer doe je 1 uur. Over 50 kilometer doe je 50 km : 25 km/h = 2 uur.
De totale tijd die je onderweg bent is dus 2 uur.

Als je de tijd wilt berekenen die je onderweg bent, gebruik je de formule:

tijd = afstand : gemiddelde snelheid

VOORBEELDOPDRACHT 3

Sef wil op bezoek bij zijn oom en tante in Roermond. Die wonen 9 kilometer bij hem vandaan. Sef gaat op de fiets (figuur 7). Hij fietst met een gemiddelde snelheid van 18 kilometer per uur.
Reken uit hoelang Sef moet fietsen om bij zijn oom en tante te komen. Geef je antwoord in minuten.

gegevens	afstand = 9 km gemiddelde snelheid = 18 km/h
gevraagd	tijd = ?
uitwerking	tijd = afstand : gemiddelde snelheid tijd = 9 km : 18 km/h = 0,5 h = 30 min

Sef is 30 minuten onderweg.



figuur 7 Sef fietst 9 kilometer naar zijn oom en tante.

14 Met welke formule kun je de tijd uitrekenen, als je de afstand en de gemiddelde snelheid weet?

tijd = ...

15 Jeroen reist van Roermond naar Arnhem. Hij gaat met de stoptrein. De afstand is 102 kilometer. De stoptrein heeft een gemiddelde snelheid van 51 kilometer per uur.
Hoelang duurt de treinreis van Jeroen?

gegevens gemiddelde snelheid = ... km/h

afstand = ... km

gevraagd tijd = ? h

uitwerking tijd = afstand : gemiddelde snelheid

tijd = ... km/h: .... km = ... h

Jeroens treinreis duurt .... h.

16 Een rit in de Tour de France is 192 kilometer lang. De winnaar van de rit rijdt met een gemiddelde snelheid van 34,6 kilometer per uur.
Hoelang duurt de rit? Rond af op één cijfer achter de komma.

gegevens ....

....

gevraagd tijd = ?

uitwerking tijd = ...

....

....

De rit duurt ....

Werken als buschauffeur beroep



Ammar is een Syrische vluchteling. Hij is gevlucht voor de burgeroorlog in Syrië. Hij is nu statushouder. Dat betekent dat hij in Nederland kan wonen, studeren en werken. In Syrië was Ammar buschauffeur. Doordat Ammar snel moest vluchten uit Syrië, heeft hij zijn diploma's niet mee kunnen nemen naar Nederland.
Om toch aan het werk te kunnen heeft hij de opleiding tot Chauffeur Openbaar Vervoer gevolgd. Dit is een mbo niveau 2 opleiding.
Ammar is nu buschauffeur in Arnhem. Ammar: "Ik rijd het meest op lijn 56 naar Heteren. Ik rijd dan iedere dag over de dijk. Ik doe dit werk met veel plezier. Ik heb veel contact met jonge mensen die naar school gaan. Later op de dag zitten vaker ouderen in de bus. Die help ik soms met instappen en uitstappen. Ik hoop dat ik dit werk nog lang mag doen."

17 Lees de tekst 'Werken als buschauffeur'.
De route van lijn 56 is 24 km lang. Ammar rijdt met een gemiddelde snelheid van 40 kilometer per uur.
Hoelang doet Ammar met zijn bus over de route van lijn 56? Geef je antwoord in minuten.

gegevens gemiddelde snelheid = ...

afstand = ...

gevraagd tijd = ? minuten

uitwerking tijd = ...

tijd = ...

De busrit van lijn 56 duurt ....

ONTHOUD

De gemiddelde snelheid is de afstand die je aflegt in een bepaalde tijd, waarbij je rekening houdt met versnellen, vertragen en stilstaan tijdens de rit.

De gemiddelde snelheid bereken je met de formule:
gemiddelde snelheid = afstand : tijd

De afstand die iemand aflegt, bereken je met de formule:
afstand = gemiddelde snelheid × tijd

De tijd die iemand onderweg is, bereken je met de formule:
tijd = afstand : gemiddelde snelheid

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Soorten bewegingen

LEERDOELEN

5.3.1 Je kunt uitleggen wat een versnelde beweging, een beweging met constante snelheid en een vertraagde beweging zijn.
5.3.2 Je kunt een versnelde beweging, een beweging met constante snelheid en een vertraagde beweging herkennen.
5.3.3 Je kunt in een tekening een versnelde beweging, een beweging met constante snelheid en een vertraagde beweging herkennen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.3.1	5.3.2	5.3.3
Onthouden	1, 2, 3		
Begrijpen		6, 7, 8	4abcd, 5b
Toepassen		10abcd	5a, 9abc
Analyseren		11	

Natuurkundigen verdelen bewegingen in verschillende soorten. Daarbij kijken ze vooral naar de verandering van de snelheid: wordt de snelheid steeds groter, blijft ze de hele tijd gelijk of neemt ze steeds verder af?

DE VERSNELDE BEWEGING

Een Falcon Heavy raket wordt afgeschoten en gaat de ruimte in (figuur 1). Een sprinkhaan springt weg als je hem aanraakt. Een appel valt uit een boom. Allemaal bewegingen waarbij de snelheid steeds groter wordt.

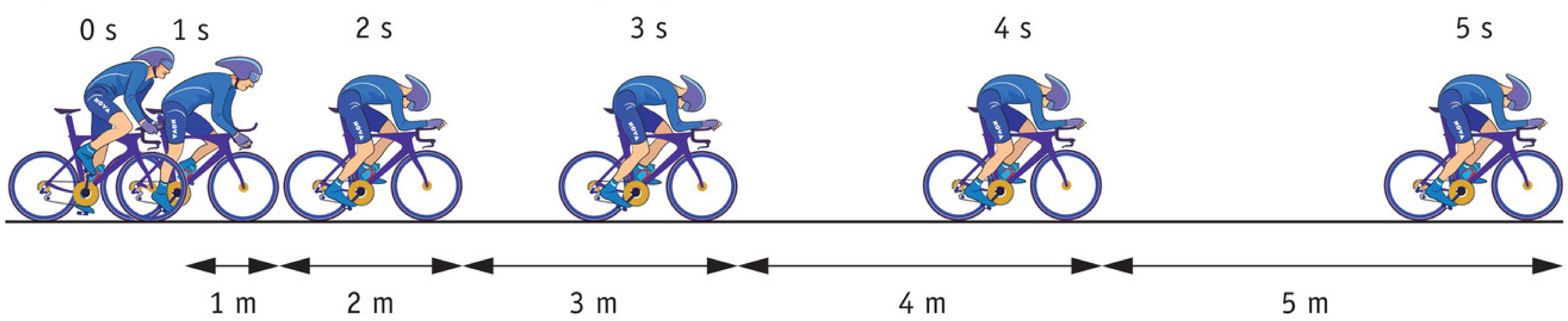


figuur 1 De Falcon Heavy raket beweegt steeds sneller.

Een wielrenner staat stil bij de start van een tijdrit. Als het startschot klinkt, trekt hij zo snel mogelijk op. Hij gaat steeds sneller rijden. De beweging van de optrekkende wielrenner noem je een **versnelde beweging**.

In figuur 2 is de wielrenner zes keer getekend: bij het begin van de beweging (0 s) en na 1, 2, 3, 4 en 5 seconden. Je kunt zien dat de tussenruimte iedere seconde groter wordt. Dat betekent dat de wielrenner steeds sneller beweegt. In dezelfde tijd (één seconde) legt hij een steeds grotere afstand af.

figuur 2 Een wielrenner trekt op bij de start.



BEWEGING MET CONSTANTE SNELHEID

In een sushibar staan de verschillende gerechten op een lopende band (figuur 3). Klanten staan op een roltrap in een groot warenhuis. Beide zijn bewegingen waarbij de snelheid steeds even groot is. De gerechten en de klanten hebben een constante snelheid.

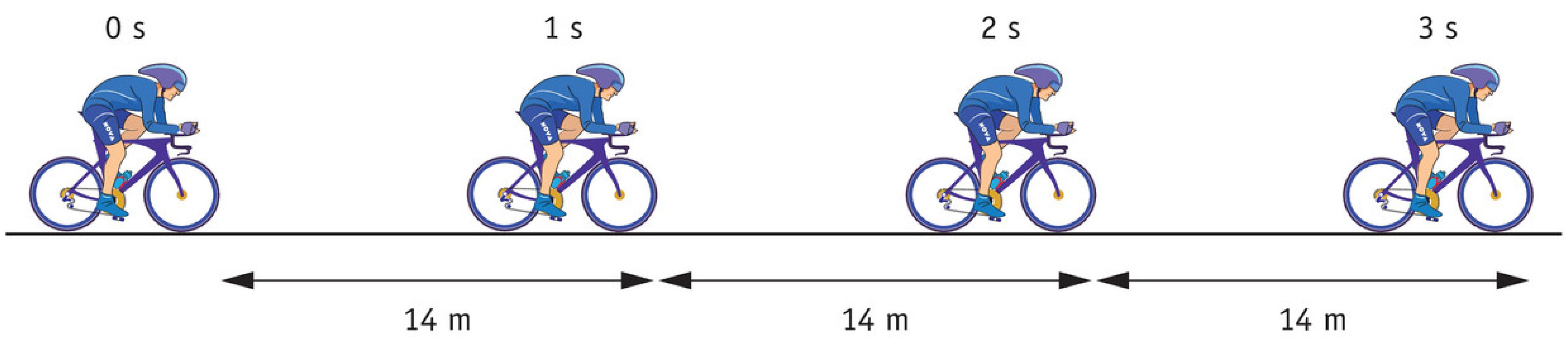


figuur 3 Als je een lekker gerecht voorbij ziet komen, kun je het van de band pakken.

De wielrenner is op topsnelheid. Hij rijdt nu de rest van de wedstrijd met dezelfde snelheid. Deze beweging noem je een **beweging met constante snelheid**.

In figuur 4 is de wielrenner getekend op het moment dat hij op snelheid is (0 s) en na 1, 2 en 3 seconden. In deze tekening is de tussenruimte steeds even groot. Daaraan zie je dat de snelheid van de wielrenner niet verandert: hij legt steeds dezelfde afstand af in dezelfde tijd.

figuur 4 Een wielrenner op snelheid.



1 Een marathonloper legt iedere seconde een even grote afstand af.
Wat voor beweging is dit?

- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

2 Hoe noem je een beweging waarvan de snelheid steeds groter wordt?

....

3 Hoe noem je een beweging waarvan de snelheid niet verandert?

....

4 Een wielrenner fietst over de weg (figuur 5). De beweging begint bij 0 seconden. 1 seconde later is hij bij 1 s.

a De wielrenner legt in deze seconde .... m af.

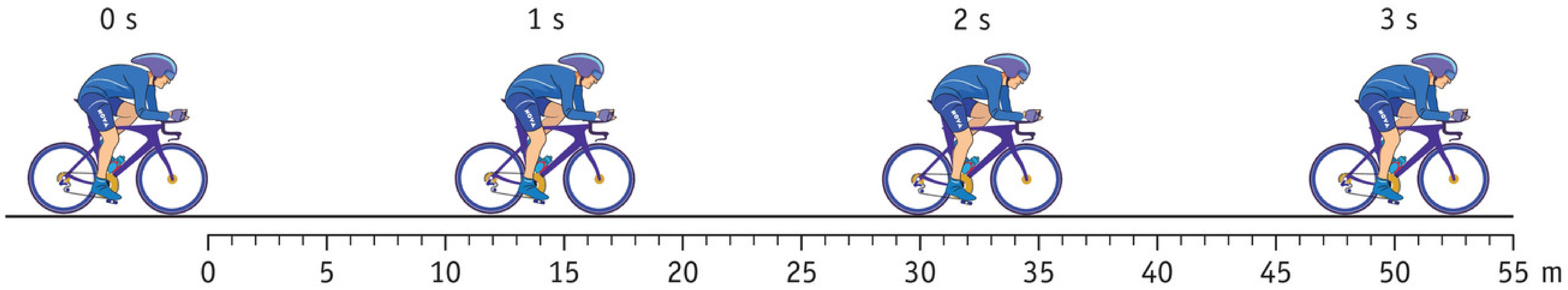
b Tussen 1 s en 2 s legt de wielrenner .... m af.

c Tussen 2 s en 3 s legt de wielrenner .... m af.

d Welke soort beweging zie je in figuur 5?

....

figuur 5 Een wielrenner in actie.



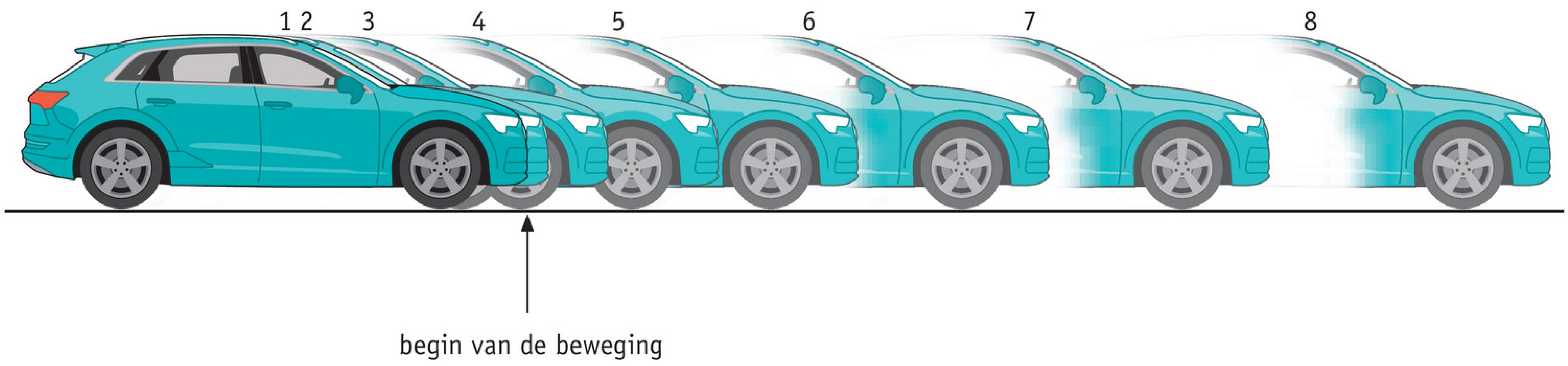
5 In figuur 6 heeft een tekenaar een auto getekend die start en dan wegrijdt. Hij heeft ook de auto iedere 0,2 seconden daarna getekend.

a Hoelang duurt deze beweging?

- ○ A 0,2 seconden
- ○ B 0,4 seconden
- ○ C 0,8 seconden
- ○ D 1,4 seconden
- ○ E 1,6 seconden

b De auto maakt een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging. De afstand die de auto iedere 0,2 seconden aflegt wordt steeds *GROTER* / *KLEINER*.

figuur 6 Een bewegende auto.



DE VERTRAAGDE BEWEGING

In figuur 7 zie je een vliegtuig dat net is geland. Het vliegtuig moet nu nog flink afremmen om niet van de landingsbaan te schieten. De snelheid van het vliegtuig wordt steeds kleiner.

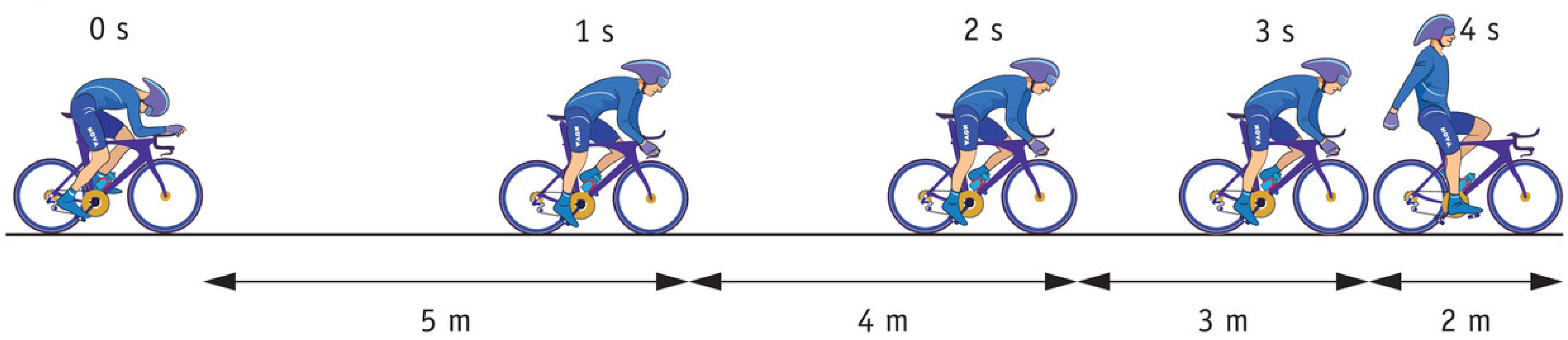


figuur 7 Een vliegtuig landt en remt af.

Een wielrenner komt op het einde van de wedstrijd over de finish. Hij remt af en gaat steeds langzamer rijden. Ten slotte staat hij stil. Zo'n beweging waarvan de snelheid steeds kleiner wordt, noem je een **vertraagde beweging**.

In figuur 8 is getekend hoe de wielrenner afremt na de finish. Je ziet waar de wielrenner is op het moment dat hij over de finish komt (0 s) en na 1, 2, 3 en 4 seconden.
De tussenruimte wordt steeds kleiner. Daaraan zie je dat de fietser vertraagt: de afstand die hij in één seconde aflegt, wordt steeds kleiner.

figuur 8 Een wielrenner komt over de finish.



6 Je ziet drie foto's met elk een beweging.
Koppel iedere foto aan de soort beweging die bij de foto hoort.

A


○ ○ 1 beweging met constante snelheid

B


○ ○ 2 versnelde beweging

C


○ ○ 3 vertraagde beweging

7 Een auto rijdt weg bij een verkeerslicht.
Wat voor beweging is dit?
○ A een beweging met constante snelheid
○ B een versnelde beweging
○ C een vertraagde beweging

8 Je moet op de fiets afremmen, omdat de spoorwegbomen dichtgaan.
Wat voor beweging is dit?
○ A een beweging met constante snelheid
○ B een versnelde beweging
○ C een vertraagde beweging

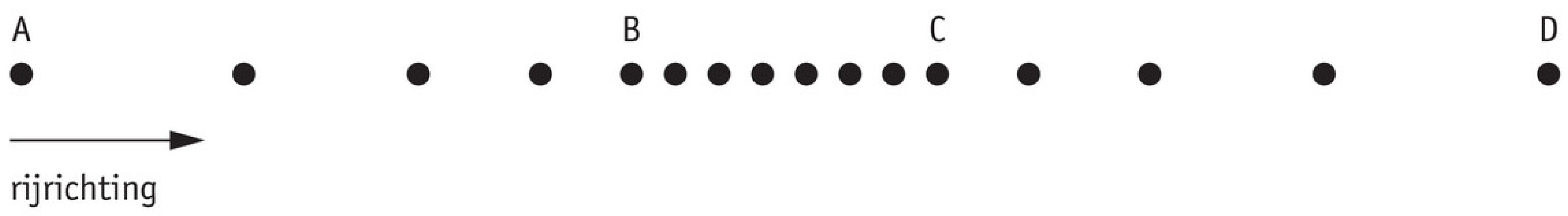
9 Een auto heeft een lekkage en verliest elke seconde een druppel olie. In figuur 9 zie je het oliespoor dat de auto op de weg achterlaat. De auto beweegt van links naar rechts.

a Welke soort beweging maakt de auto tussen A en B?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

b Welke soort beweging maakt de auto tussen B en C?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

c Welke soort beweging maakt de auto tussen C en D?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

figuur 9 Een oliespoor.



10 Een minigolfbal rolt tegen een helling omhoog.

a Welke soort beweging is dit?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

b Een trein rijdt met steeds dezelfde snelheid over een recht stuk spoor.
Welke soort beweging is dit?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

c Een pijl wordt afgeschoten met een boog.
Welke soort beweging is dit?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

d Een auto remt voor een voetganger die oversteekt.
Welke soort beweging is dit?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

11 Teken op de lijn in figuur 10 een vertraagde beweging van een bal.

figuur 10 Teken de vertraagde beweging van een bal.

ONTHOUD

Een beweging waarvan de snelheid steeds groter wordt, noem je een versnelde beweging.
Je kunt een versnelde beweging op een tekening herkennen doordat de tussenruimten steeds groter worden.

Een beweging waarvan de snelheid gelijk blijft, noem je een beweging met constante snelheid.
Je kunt een beweging met constante snelheid op een tekening herkennen doordat de tussenruimten even groot blijven.

Een beweging waarvan de snelheid steeds kleiner wordt, noem je een vertraagde beweging.
Je kunt een vertraagde beweging op een tekening herkennen doordat de tussenruimten steeds kleiner worden.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Afstand-tijddiagram

LEERDOELEN

5.4.1 Je kunt een afstand-tijddiagram van een beweging maken.
5.4.2 Je kunt een afstand-tijddiagram aflezen.
5.4.3 Je kunt aan de vorm van een grafiek een versnelde beweging, een beweging met constante snelheid en een vertraagde beweging herkennen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.4.1	5.4.2	5.4.3
Onthouden	1		2
Begrijpen		4ab, 5b, 8bce	5c, 6, 8ad
Toepassen	3abc, 5a, 7a		5d, 9abc, 10, 11abcd
Analyseren	7bcd		8f

Iedere beweging kun je vastleggen in een grafiek. Je moet hiervoor de tijd en de afstand op verschillende momenten weten.

VERSNELDE BEWEGING

Een scooter trekt op bij een verkeerslicht (figuur 1). De scooter is getekend bij het begin van de beweging en na 1, 2, 3 en 4 seconden. Deze tijd en de afgelegde weg staan in tabel 1. Zo'n tabel is duidelijk, maar je ziet niet meteen wat er nu precies gebeurt met de beweging van de scooter.

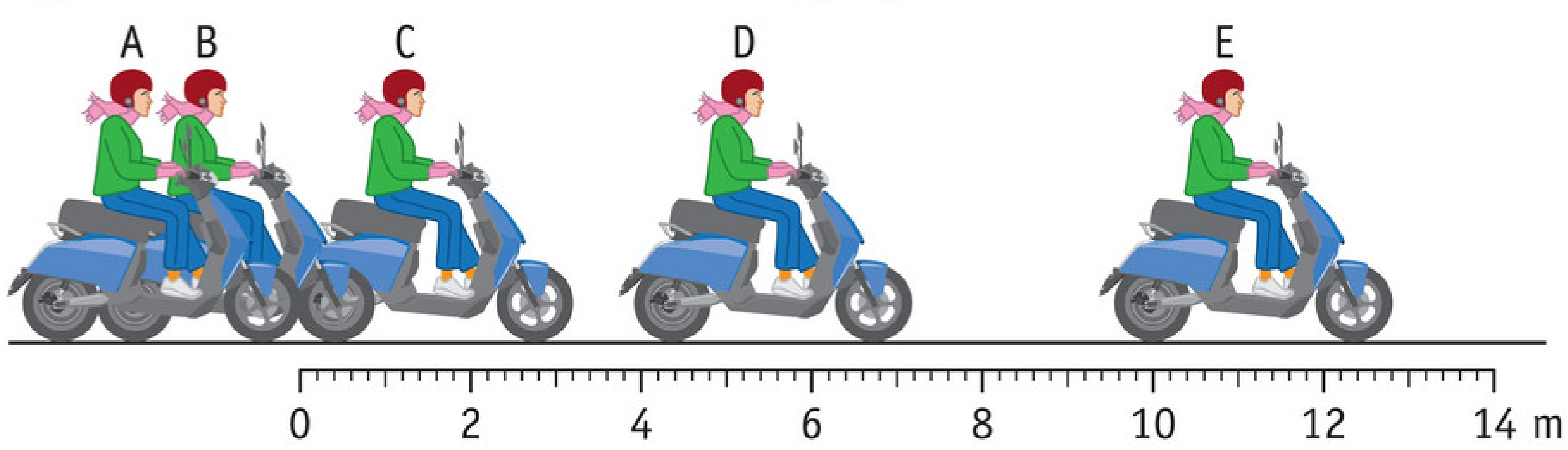
Het kan handig zijn om van de gegevens in tabel 1 een grafiek te tekenen in een **afstand-tijddiagram**. In een afstand-tijddiagram heb je twee assen.

- De horizontale as noem je de **tijd-as**. Op de tijd-as staat de tijd in seconden.
- De verticale as noem je de **afstand-as**. Op de afstand-as staat de afstand in meter.

In figuur 2 zijn eerst de meetpunten uit de tabel uitgezet in een afstand-tijddiagram. Als je de meetpunten in het diagram met een vloeiende lijn met elkaar verbindt, krijg je een kromme lijn. Deze kromme lijn loopt steeds steiler omhoog. Aan zo'n kromme lijn kun je het afstand-tijddiagram van een versnelde beweging herkennen.

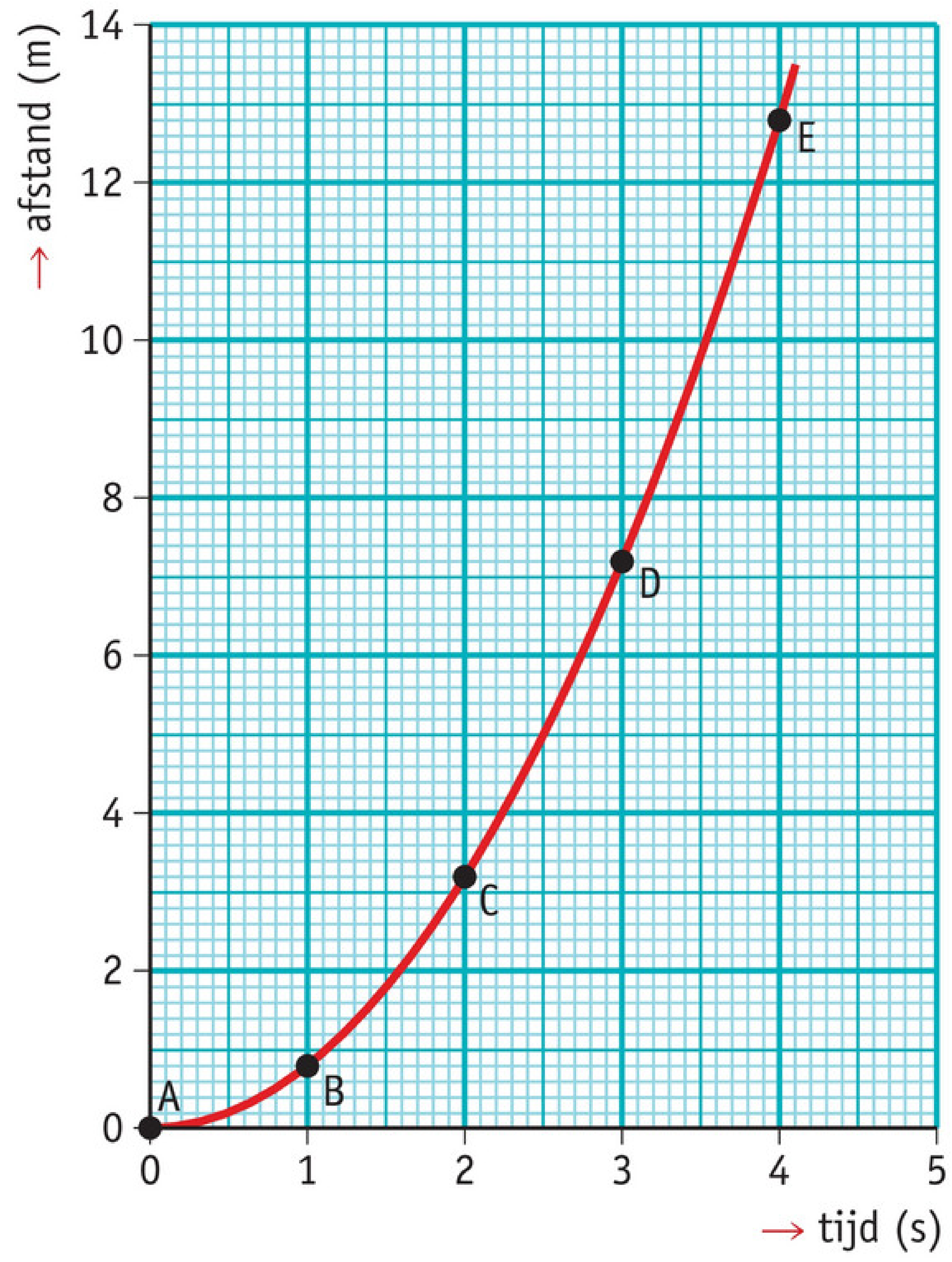
De letters boven de scooter komen overeen met de letters in de grafiek.

figuur 1 Een versnelde beweging.



tabel 1 De afstand-tijdtabel bij figuur 1.

	tijd (s)	afstand (m)
A	0	0
B	1	0,8
C	2	3,2
D	3	7,2
E	4	12,8

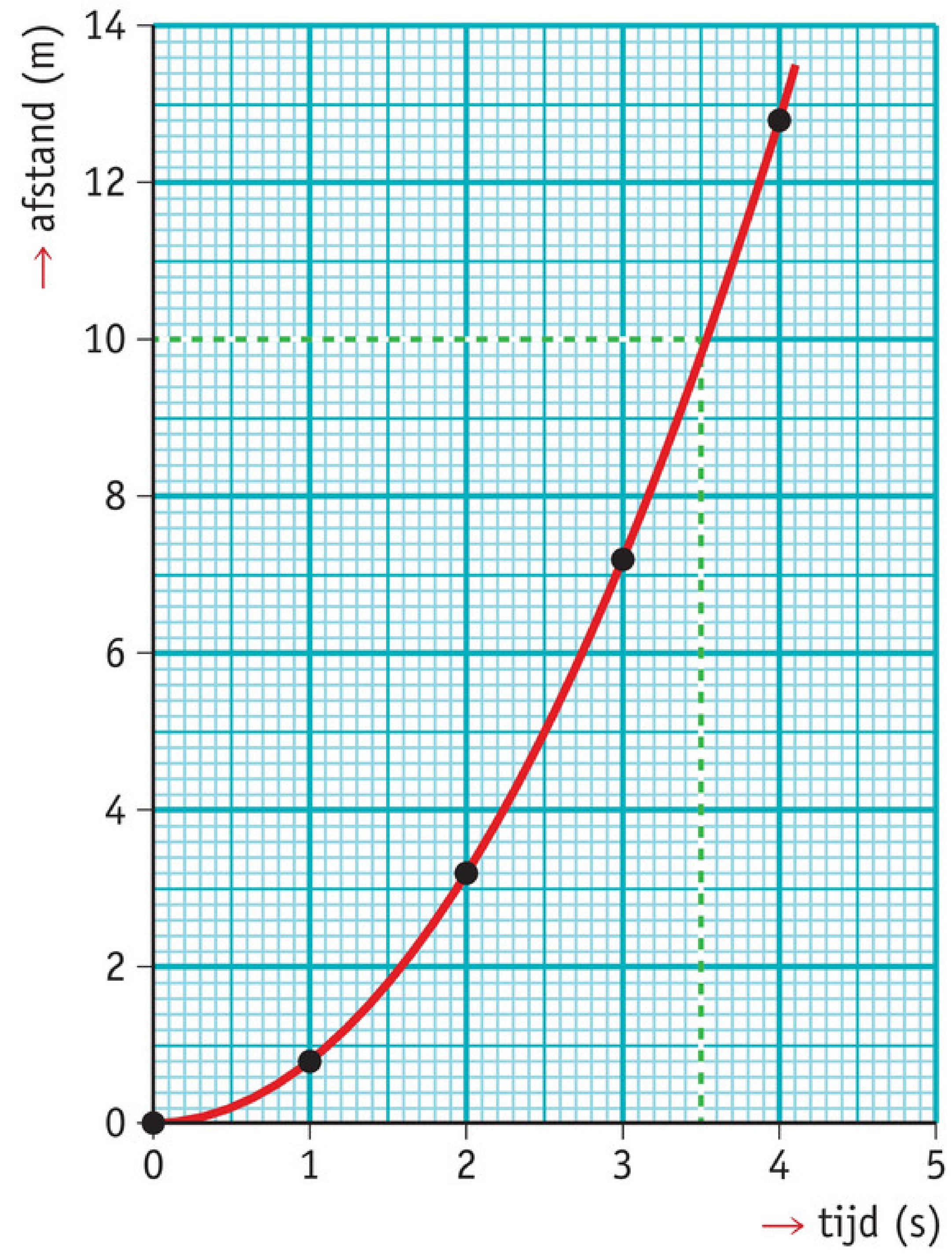


figuur 2 Het afstand-tijddiagram van een versnelde beweging.

GRAFIEK AFLEZEN

In figuur 2 heb je de versnelde beweging van een scooter vastgelegd. Hiervoor heb je vijf meetpunten getekend. Je kunt in dit afstand-tijddiagram ook de afgelegde weg aflezen op tijden waarop je niet hebt gemeten. De grafiek begint in het punt A (0,0). In het punt (0,0) is de tijd 0 s en de snelheid 0 m/s. De rode lijn geeft aan hoe groot de snelheid is.

Je wilt weten hoe groot de afstand was na 3,5 s. In figuur 3 zie je hoe daar achter komt. Je zoekt op de tijdas 3,5 s op. Hier trek je een hulplijn recht omhoog. Je stopt als je bij de grafiek bent. Hier trek je een hulplijn recht naar de afstand-as. Daar lees je de afstand af; in dit geval 10 m.



figuur 3 Een afstand-tijddiagram aflezen.

PROEF 1 IN STAPPEN EEN BEWEGING VASTLEGGEN

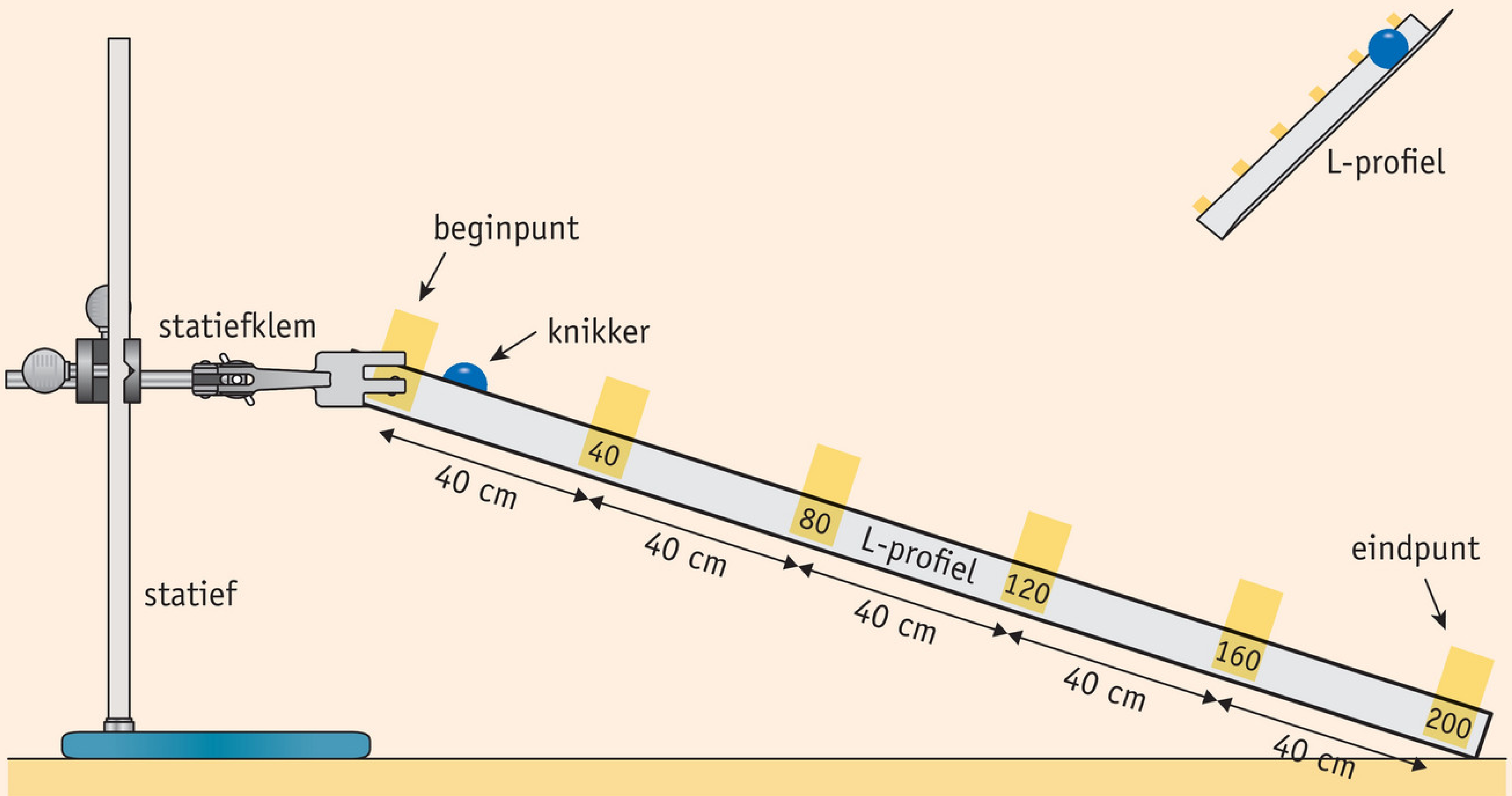
30 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ knikker
- ☐ L-profiel (bijvoorbeeld een stucprofiel) van 2,10 m
- ☐ afplaktape
- ☐ stopwatch
- ☐ meetlat of meetlint

Uitvoering

- Plak afplaktape aan de buitenkant van het L-profiel bij het beginpunt (figuur 4).
- Plak daarna om de 40 cm een stukje afplaktape.
- Schrijf op het beginpunt 0.
- Schrijf op de volgende stukjes tape 40, 80, 120, 160 en 200.



figuur 4 De opstelling van proef 1.

- Zet het statief met klem op de grond of op een tafel als die groot genoeg is.
- Zet de klem op het statief vast op 10 cm boven de grond of de tafel.
- Zet het L-profiel aan één kant vast met de klem, zodat de punt van het profiel naar beneden wijst.
- De andere kant van het profiel staat op de grond of op de tafel.

- Leg de knikker op het beginpunt.
- Pak de stopwatch en zet hem op 0.
- Laat de knikker los en start tegelijkertijd de tijdmeting.
- Stop de tijdmeting als de knikker voorbij het stukje tape komt waar 40 op staat.

1 Schrijf in tabel 2 de gemeten tijd in de kolom ‘tijd (s)’ bij 40 cm.

- Leg opnieuw de knikker op het beginpunt.
- Pak de stopwatch en zet hem weer op 0.
- Laat de knikker los en start tegelijkertijd de tijdmeting.
- Stop de tijdmeting als de knikker voorbij het stukje tape komt waar 80 op staat.

2 Schrijf in tabel 2 de gemeten tijd in de kolom ‘tijd (s)’ bij 80 cm.

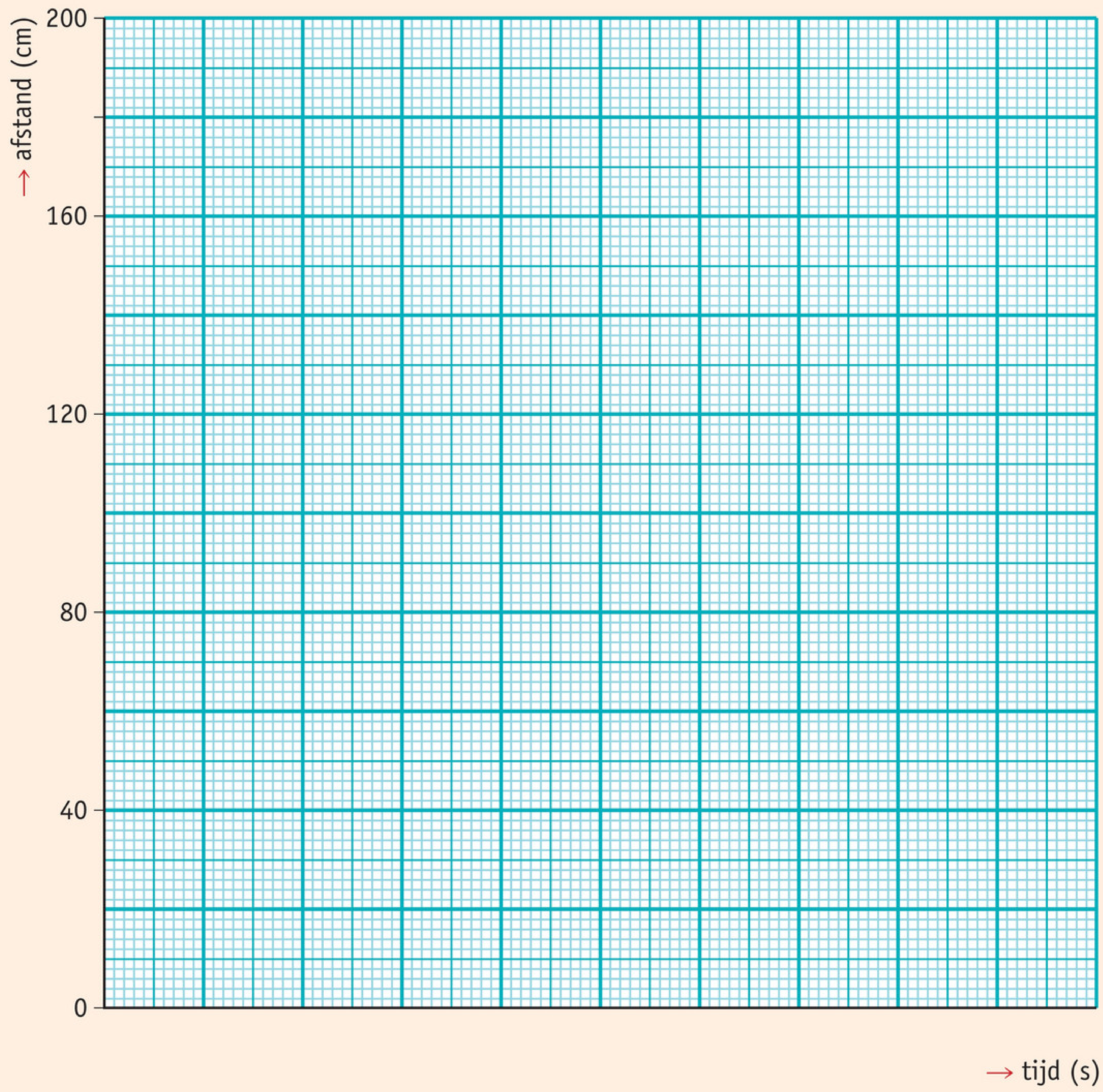
- Herhaal deze stappen voor de stukjes tape waar 120, 160 en 200 op staat.

3 Schrijf steeds de gemeten tijd in tabel 2.

tabel 2 De resultaten van proef 1.

afstand (cm)	tijd (s)
0	
40	
80	
120	
160	
200	

4 Zet in figuur 5 de meetpunten uit en teken de grafiek van de beweging.



figuur 5 Het afstand-tijddiagram van de rollende knikker.

5 Welke soort beweging is dit?

- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

- Ruim alles netjes op.

1 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *afstand – centimeter – grafiek – horizontale – meter – seconden*.

In een afstand-tijddiagram kun je een .... tekenen van een beweging.

De tijd-as is de .... as. Op de tijd-as staat de tijd in

....

De ....-as is de verticale as. Op de afstand-as staat de

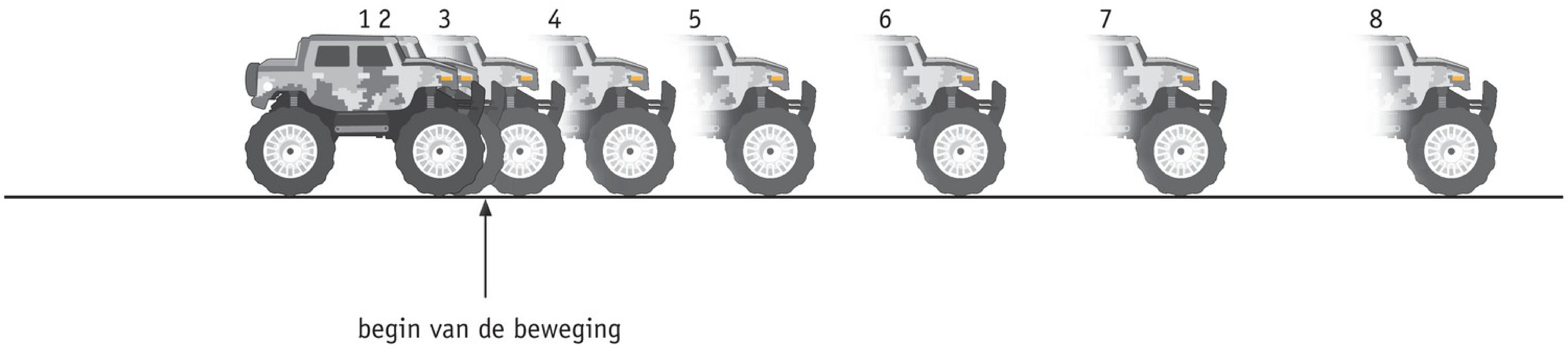
afgelegde afstand in .... of ....

2 Een versnelde beweging herken je in een afstand-tijddiagram aan een *KROMME* / *RECHTE* lijn die steeds steiler *OMHOOG* / *OMLAAG* loopt.

3 In figuur 6 zie je enkele tekeningen van een radiografisch bestuurbaar speelgoedautootje. De tekenaar heeft het autootje iedere 0,5 s getekend.

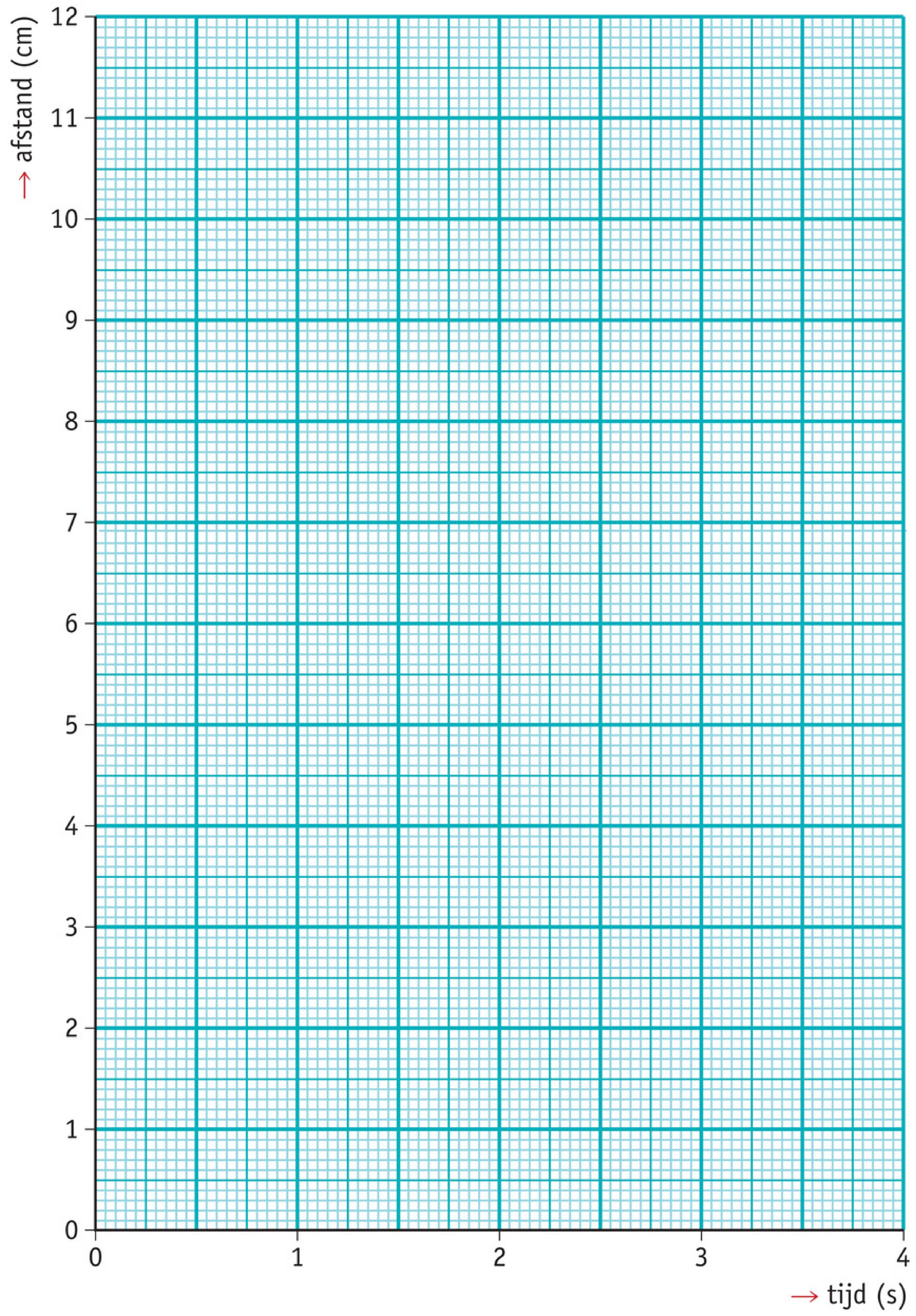
a Vul tabel 3 verder in met behulp van figuur 6.
b Teken daarna in figuur 7 de meetpunten.
c Teken tot slot in figuur 7 de grafiek door de meetpunten.

figuur 6 Een speelgoedauto die wegrijdt.



tabel 3 Een afstand-tijdtabel.

tijd (s)	afstand op de foto (cm)
0	0
0,5	0,2
1,0	0,8
1,5	1,9



figuur 7 Het afstand-tijddiagram van de optrekkende speelgoedauto.

4

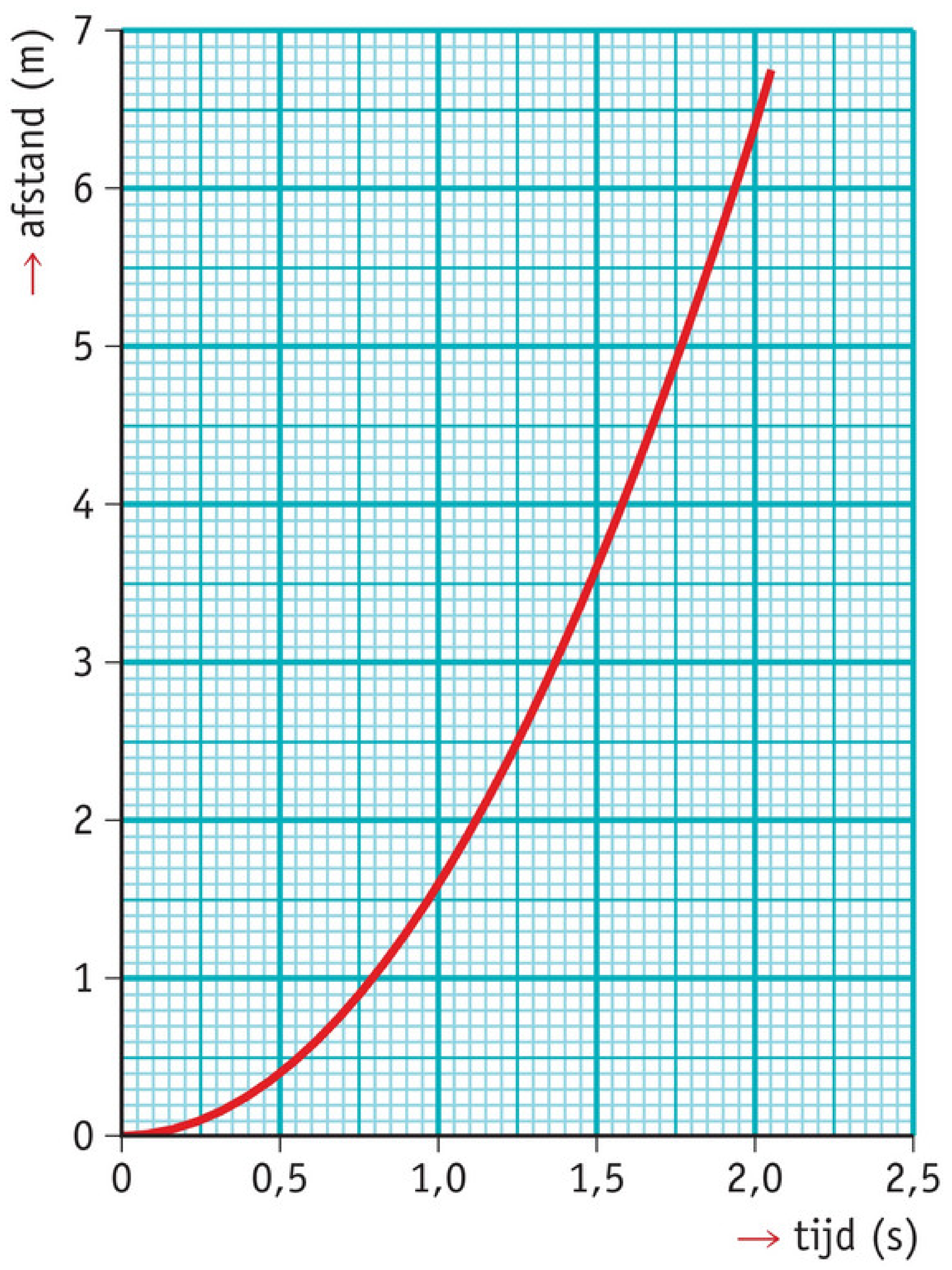
In figuur 8 zie je het afstand-tijddiagram van een fietser die langzaam optrekt.

a Lees de afstand af die de fietser na 1,2 seconden heeft afgelegd.

Na 1,2 seconden heeft de fietser .... m afgelegd.

b Lees af hoelang de fietser over de eerste 6 meter heeft gedaan.

Over de eerste 6 m doet de fietser .... s.

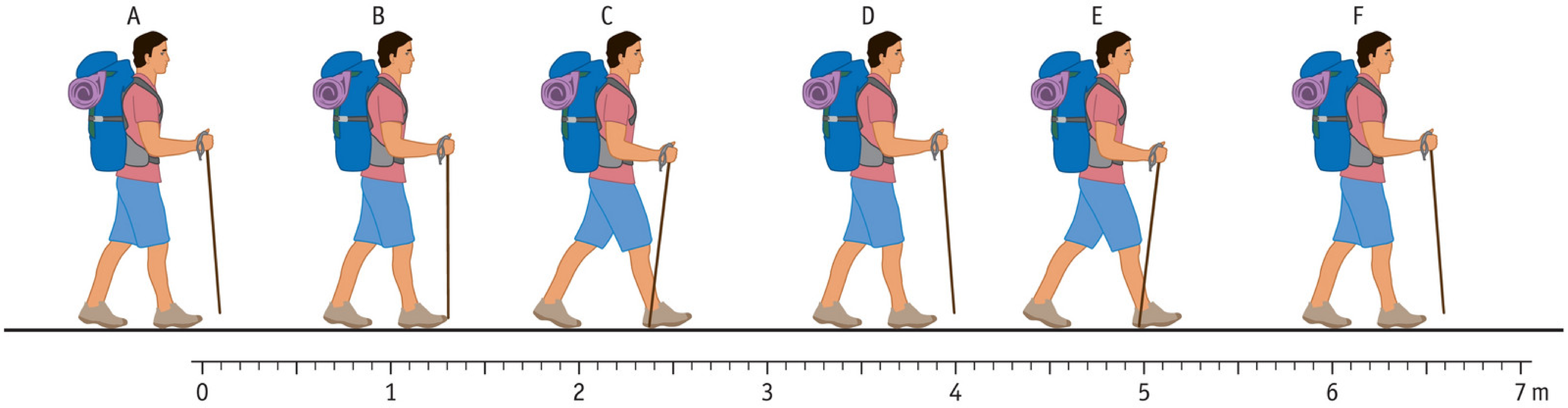


figuur 8 Een versnelde beweging.

BEWEGING MET CONSTANTE SNELHEID

In figuur 9 zie je een wandelaar die rustig doorloopt met een constante snelheid. De wandelaar is getekend bij het begin van de beweging en na 1, 2, 3, 4 en 5 seconden. Deze tijden en de afgelegde weg staan in tabel 4.

figuur 9 Een beweging met constante snelheid.

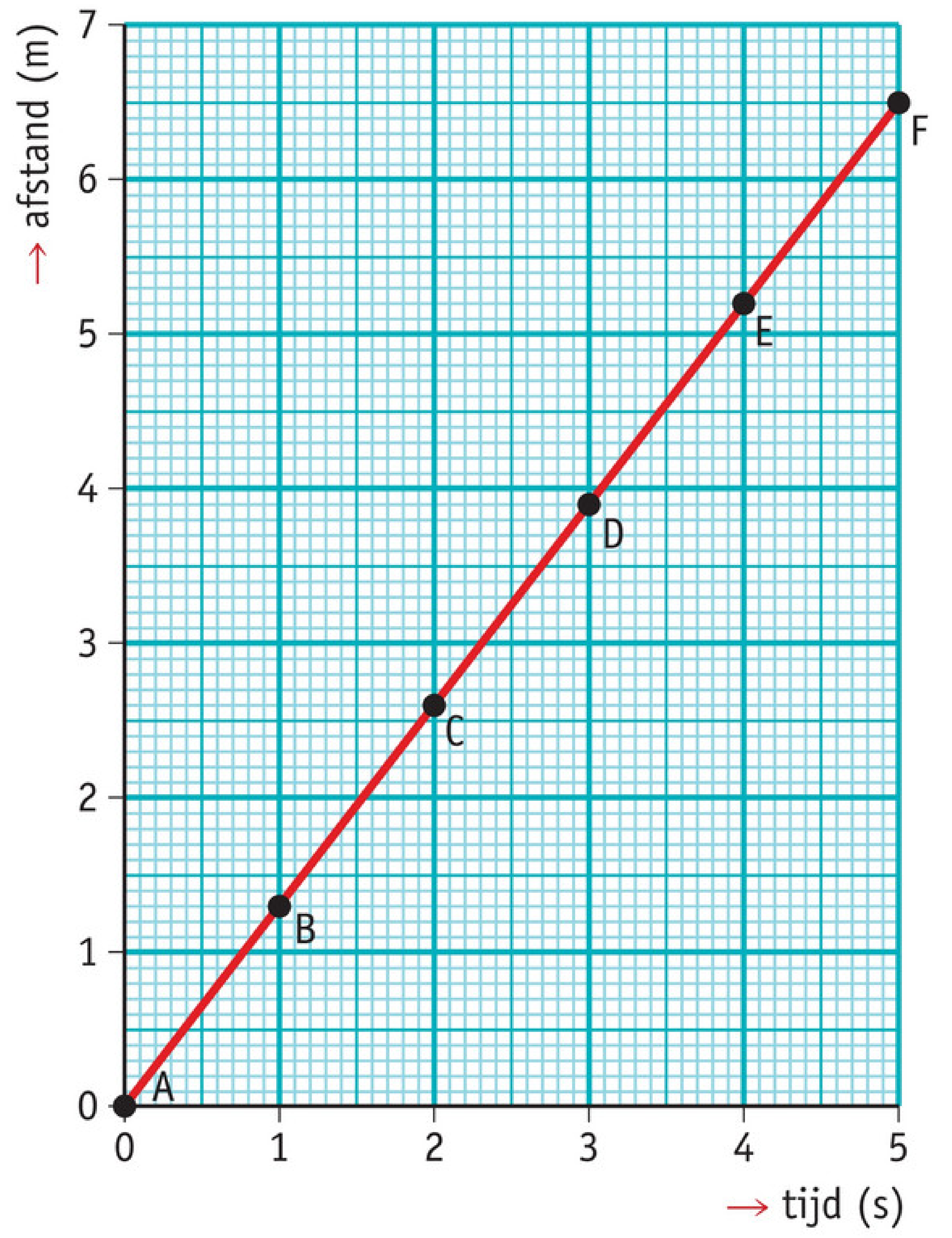


tabel 4 De afstand-tijdtabel bij figuur 9.

	tijd (s)	afstand (m)
A	0	0,0
B	1	1,3
C	2	2,6
D	3	3,9
E	4	5,2
F	5	6,5

Met de gegevens uit tabel 4 kun je een grafiek van deze beweging tekenen. Je krijgt een rechte lijn die omhoogloopt (figuur 10). Aan zo'n rechte lijn kun je het afstand-tijddiagram van een beweging met constante snelheid herkennen. De letters boven de wandelaar komen overeen met de letters in de grafiek.

Als een voorwerp stilstaat, dan is de grafiek een horizontale rechte lijn.



figuur 10 Het afstand-tijddiagram van een eenparige beweging.

VERTRAAGDE BEWEGING

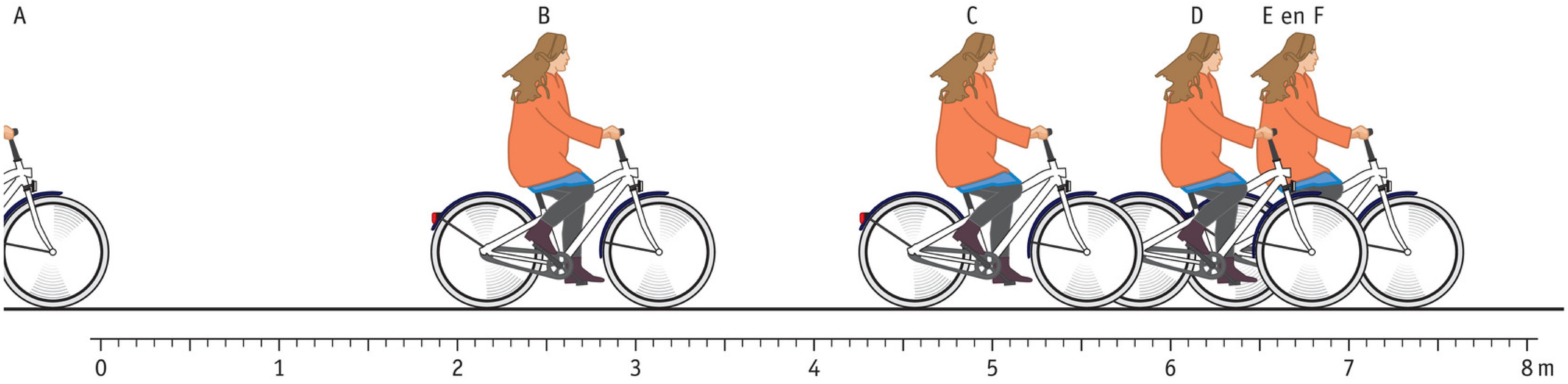
In figuur 11 is getekend hoe een fietser afremt voor een verkeerslicht. De fietser is getekend bij het begin van de beweging en na 1, 2, 3, 4 en 5 seconden. Deze tijd en de afgelegde weg staan in tabel 5.

Met de gegevens uit tabel 5 kun je een grafiek van deze beweging tekenen. Je krijgt een kromme lijn die steeds minder steil omhoog loopt (figuur 12). Aan zo'n kromme lijn kun je het afstand-tijddiagram van een vertraagde beweging herkennen.

Het laatste gedeelte van de grafiek loopt horizontaal. Hier staat de fietser stil.

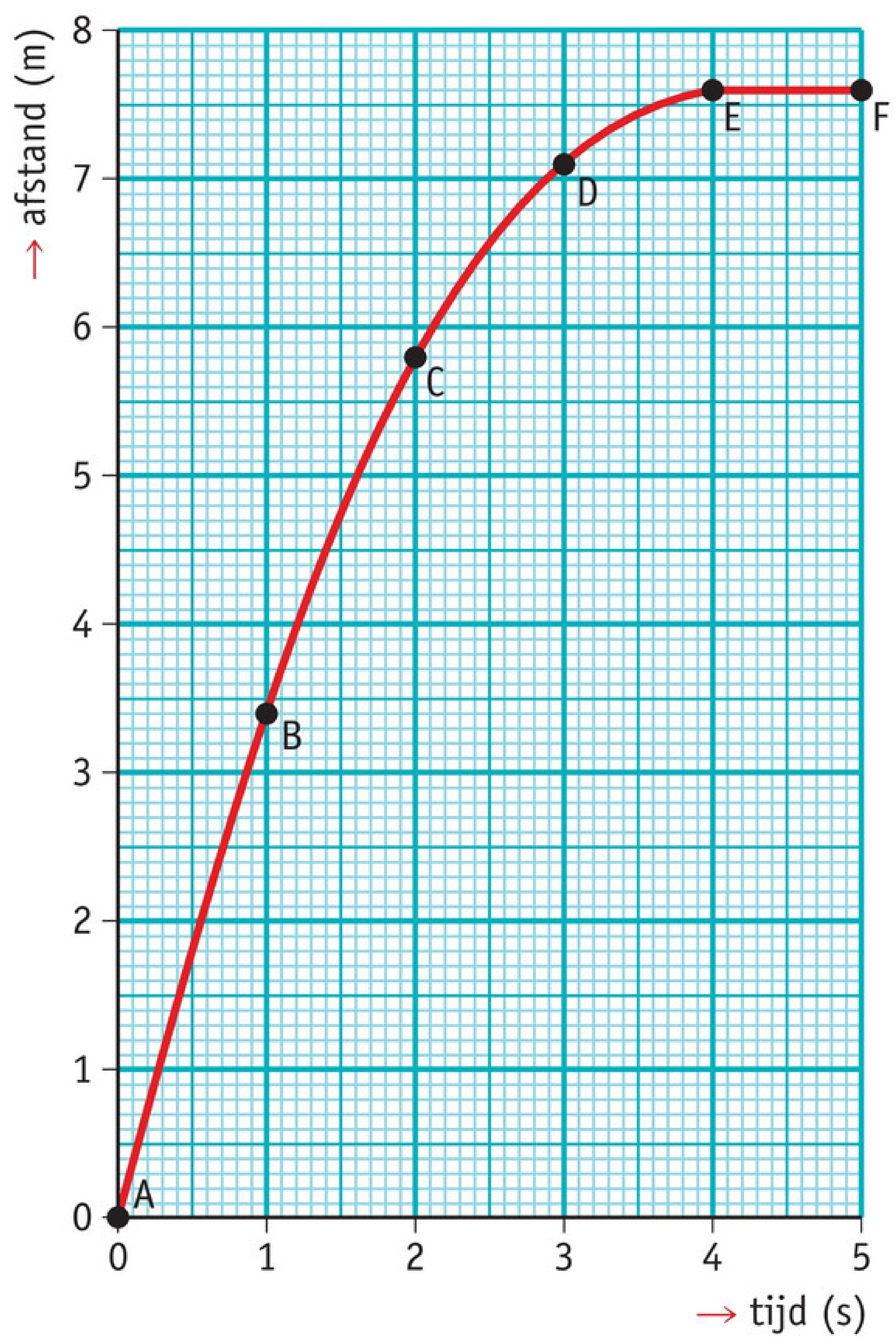
De letters boven de fietser komen overeen met de letters in de grafiek.

figuur 11 Een vertraagde beweging.



tabel 5 De afstand-tijdtabel bij figuur 11.

	tijd (s)	afstand (m)
A	0	0,0
B	1	3,4
C	2	5,8
D	3	7,1
E	4	7,6
F	5	7,6



figuur 12 Het afstand-tijddiagram van een vertraagde beweging.

PROEF 2 DRIE BEWEGINGEN BESTUDEREN

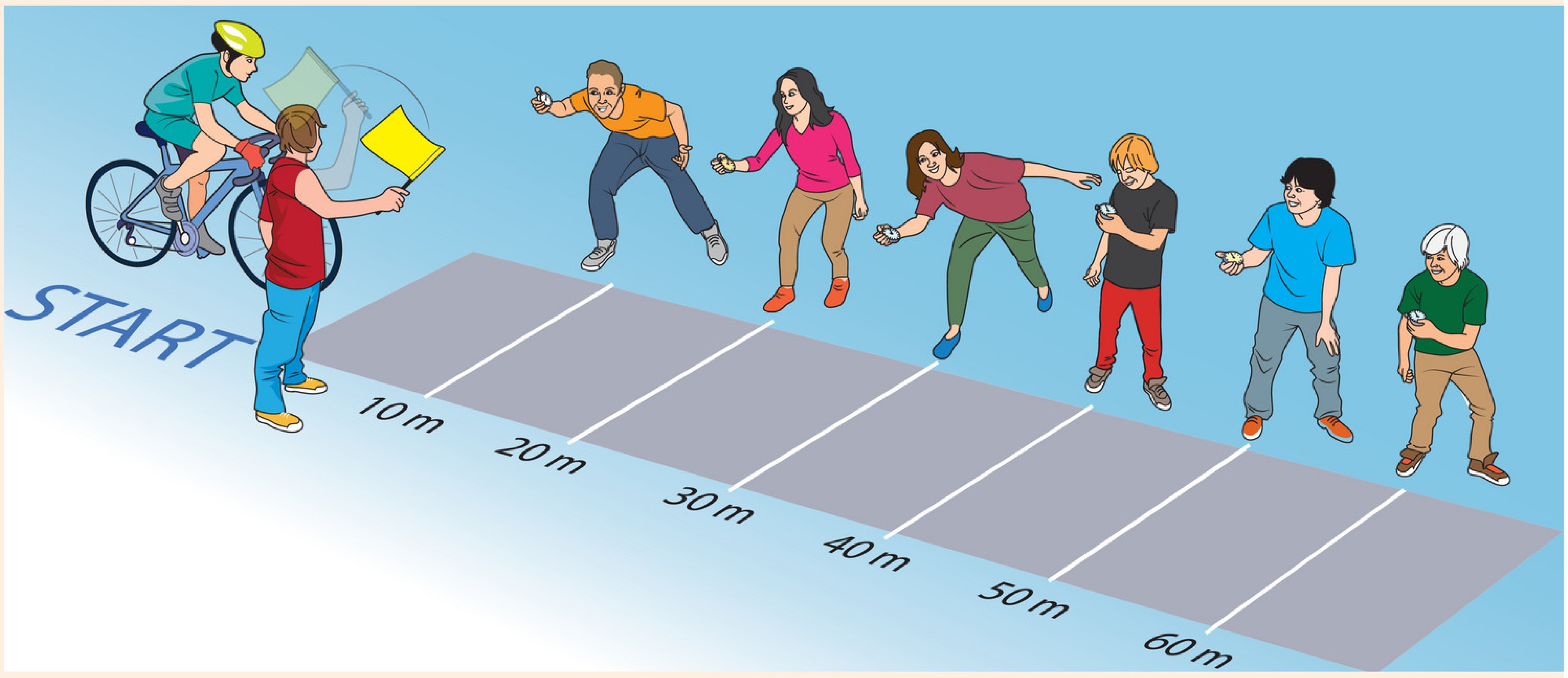
45 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ 6 tot 10 stopwatches
- ☐ startvlag
- ☐ krijtje
- ☐ touw van 10 meter
- ☐ fiets
- ☐ verschillende kleurpotloden

Uitvoering

- Op een geschikte plaats is een baan van 0 tot 60 meter uitgezet, met om de 10 meter een krijtlijn (figuur 13). Als er meer leerlingen zijn, dan kun je de afstand langer maken (bijvoorbeeld tot 100 m),
- Bij de start staat één leerling met de startvlag. Bij elke 10 meterlijn staat één leerling met een stopwatch.



figuur 13 De meetopstelling voor proef 2.

Je voert met je groep drie metingen uit.
Elke keer wordt er als volgt gemeten:

- De starter zwaait de startvlag naar beneden om de beweging te laten starten.
- Op hetzelfde moment worden alle stopwatches gestart.
- Op het moment dat de fietser een 10 meterlijn passeert, wordt de bijbehorende stopwatch stilgezet.
- Elke leerling met een stopwatch schrijft de gemeten tijd op.

Zo verzamel je gegevens over drie bewegingen:

- Leerling 1 start uit stilstand en probeert zo snel mogelijk op te trekken.
- Leerling 2 begint al voor de startstreep en blijft daarna steeds even snel fietsen.
- Leerling 3 begint al voor de startstreep, maar stopt bij de startstreep met trappen en laat de fiets daarna uitrijden.

Na afloop worden alle meetresultaten verzameld op het bord.

1 Vul tabel 6 in. Schrijf alle meetresultaten op de juiste plaats in de tabel.

tabel 6 De afstand-tijdtabel van proef 2.

	leerling 1	leerling 2	leerling 3
afgelegde weg (m)	tijd (s)	tijd (s)	tijd (s)
0			
10			
20			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			

2 Welke meting duurde het langst?

○ A de meting met leerling 1
○ B de meting met leerling 2
○ C de meting met leerling 3

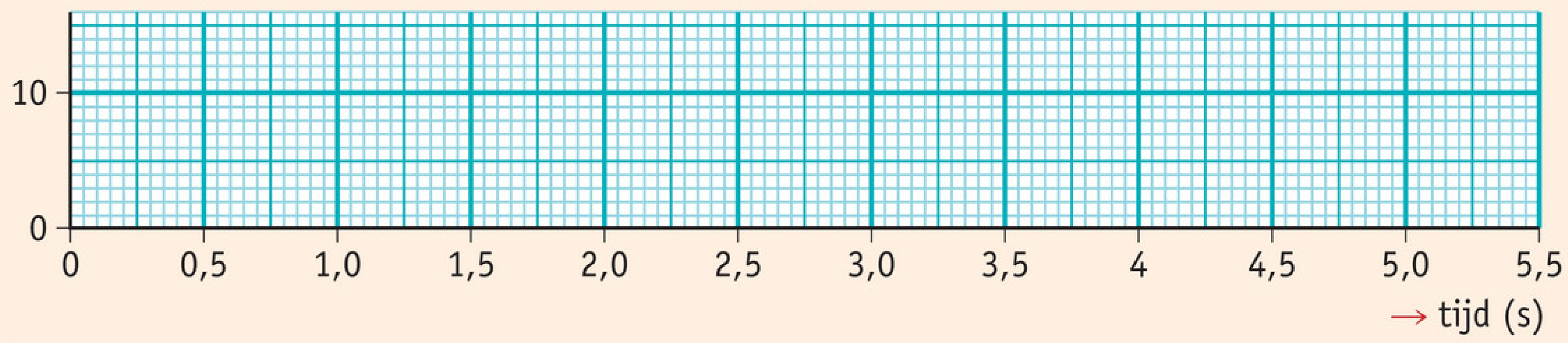
3 Hoelang duurde de langste meting?

Deze meting duurde .... seconden.

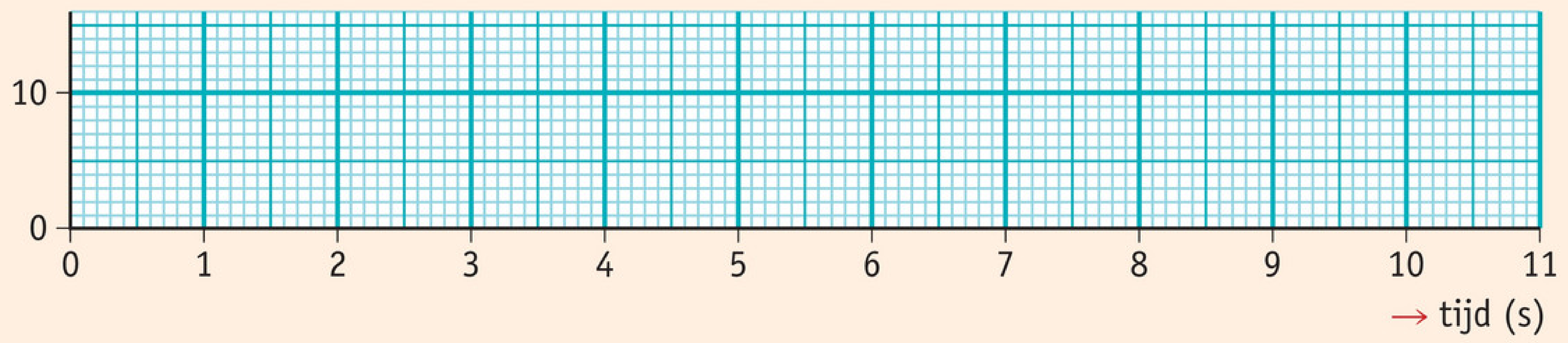
- Deel in figuur 15 de tijd-as zo in dat deze tijd nog op de tijd-as past.

Let erop dat bij het indelen van de tijd-as de tijd tussen twee maatstreepjes altijd even groot is.
Is de langste tijd die je hebt gemeten bijvoorbeeld 5,3 seconden, dan neem je de indeling van figuur 14a.
Is de langste tijd die je hebt gemeten bijvoorbeeld 9,8 seconden, dan neem je de indeling van figuur 14b.
Is de langste tijd die je hebt gemeten bijvoorbeeld 16,5 seconden, dan neem je de indeling van figuur 14c.

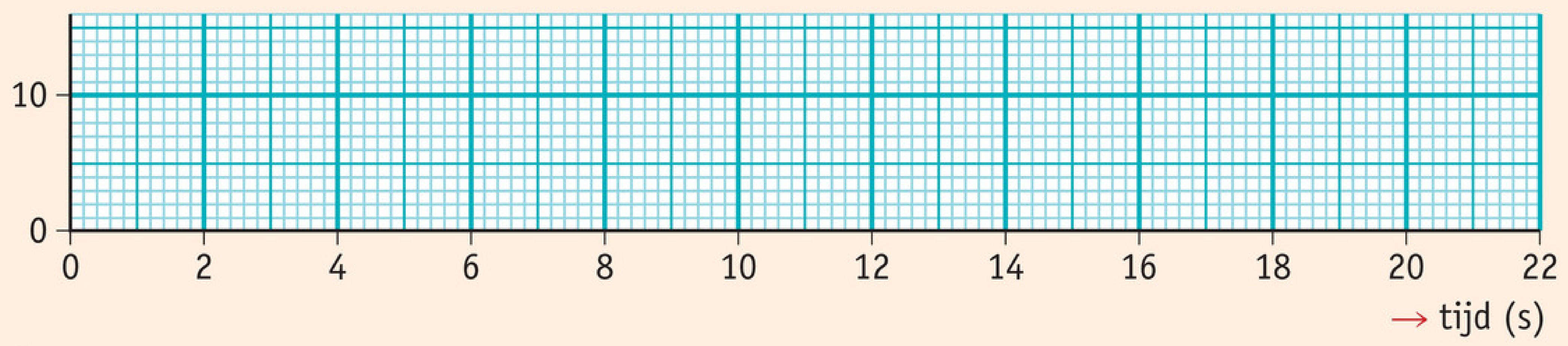
figuur 14 Drie verschillende indelingen van de tijd-as.



ⓐ voor langste tijd kleiner dan 5,5 seconden



ⓑ voor langste tijd groter dan 5,5 seconden, maar kleiner dan 11 seconden



ⓒ voor langste tijd groter dan 11 seconden, maar kleiner dan 22 seconden

4 Zet in figuur 15 de meetpunten uit en teken de grafiek van leerling 1. Gebruik een potlood.

5 Welke soort beweging is dit?

○ A een beweging met constante snelheid
○ B een versnelde beweging
○ C een vertraagde beweging

6 Zet in figuur 15 de meetpunten uit en teken de grafiek van leerling 2. Gebruik een rood kleurpotlood.

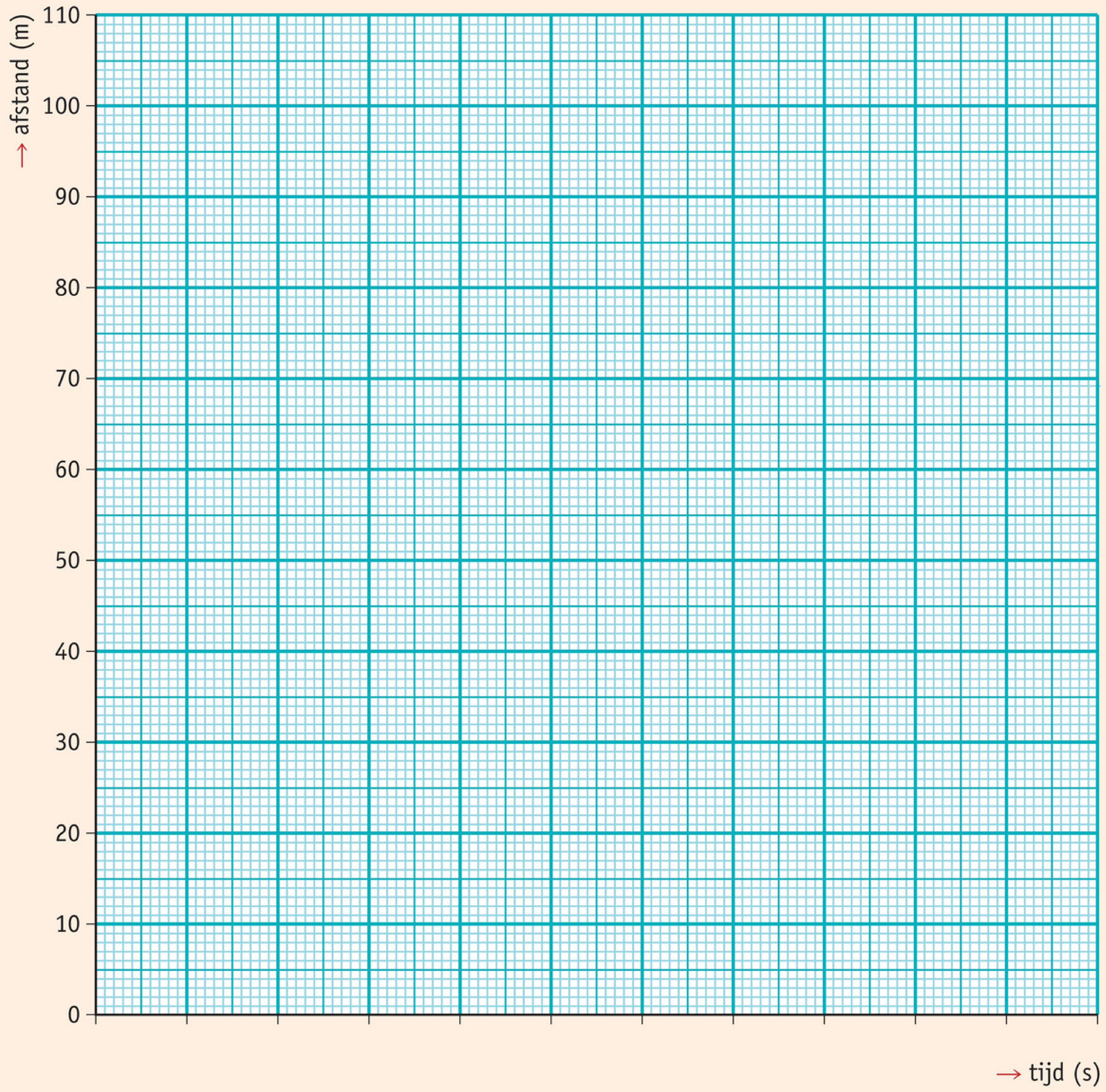
7 Welke soort beweging is dit?

- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging

8 Zet in figuur 15 de meetpunten uit en teken de grafiek van leerling 3. Gebruik een blauw kleurpotlood.

9 Welke soort beweging is dit?

- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging



figuur 15 Het afstand-tijddiagram van de drie verschillende bewegingen.

- Ruim alles netjes op.

5 Omar heeft metingen gedaan aan de beweging van een bal. Hij heeft de metingen opgeschreven in tabel 7.

a Teken de meetpunten en de grafiek in figuur 16.

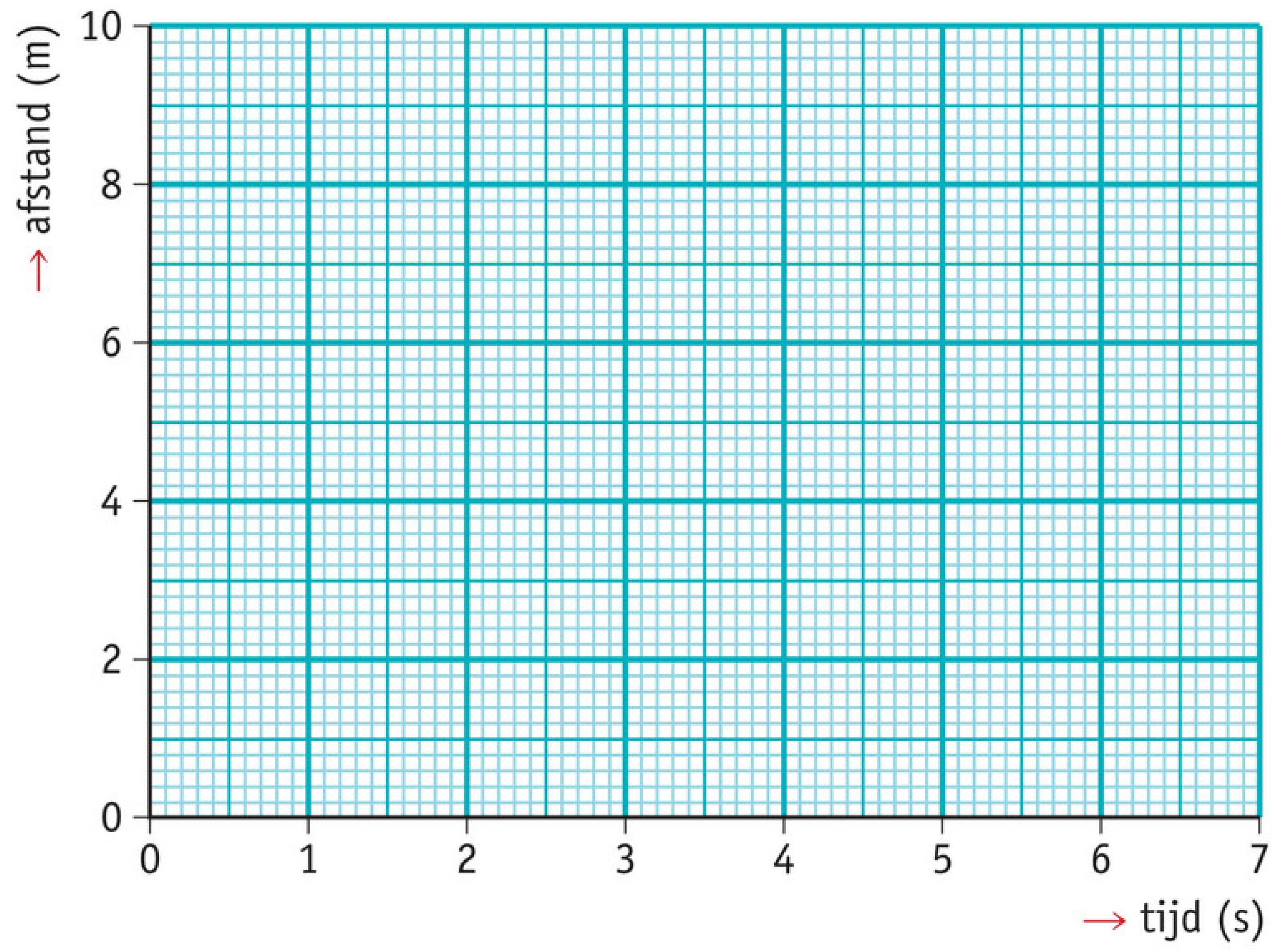
b De afstand van de bal verandert *WEL* / *NIET*.

c Omar heeft de meting gedaan aan een bal die *BEWEEGT* / *STILSTAAT*.

d Je kunt dit zien aan de grafiek, omdat de grafiek .... loopt.

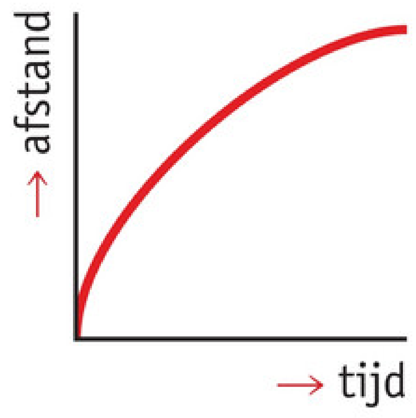
tabel 7 Omars metingen aan een beweging van een bal.

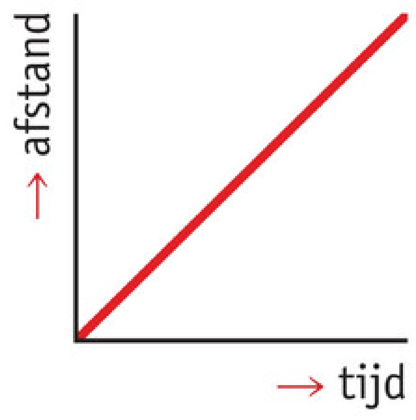
tijd (s)	afstand (m)
0	5,6
1	5,6
2	5,6
3	5,6
4	5,6
5	5,6
6	5,6

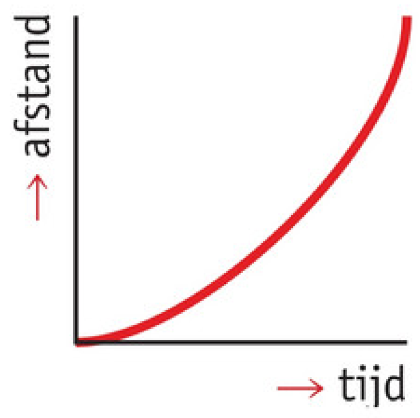


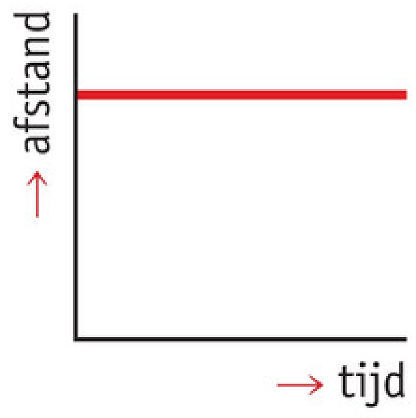
figuur 16 Beweging van een bal.

6 Koppel iedere beschrijving aan het juiste diagram.

A


B


C


D


○ ○ 1 beweging met constante snelheid

○ ○ 2 stilstaan

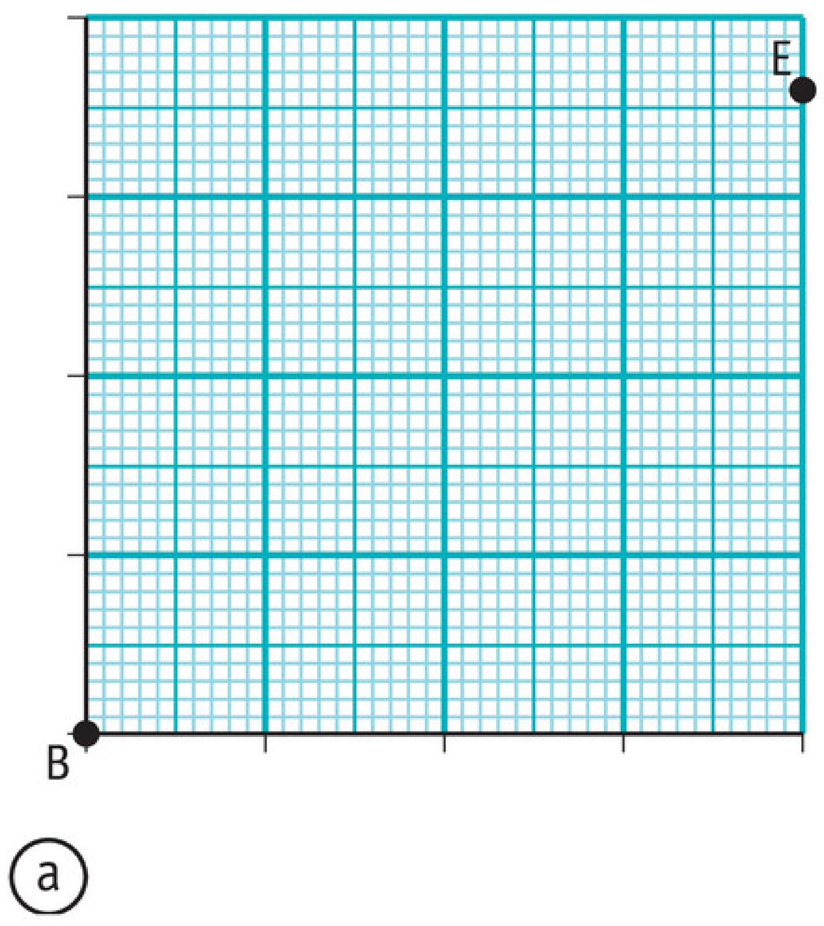
○ ○ 3 versnelde beweging

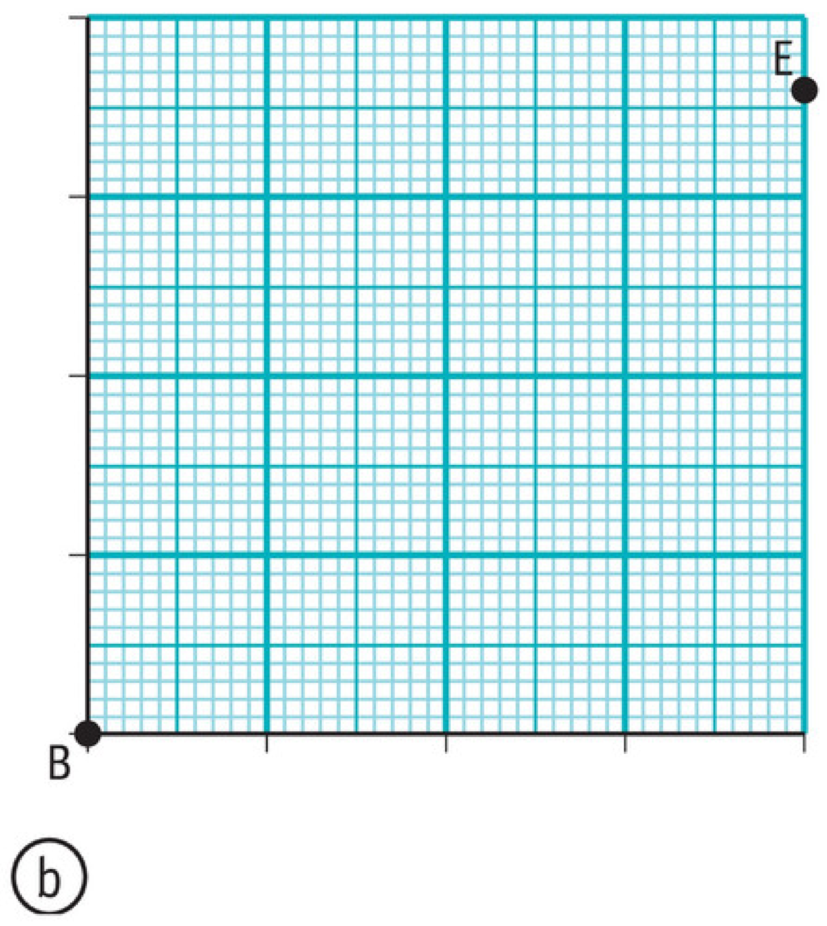
○ ○ 4 vertraagde beweging

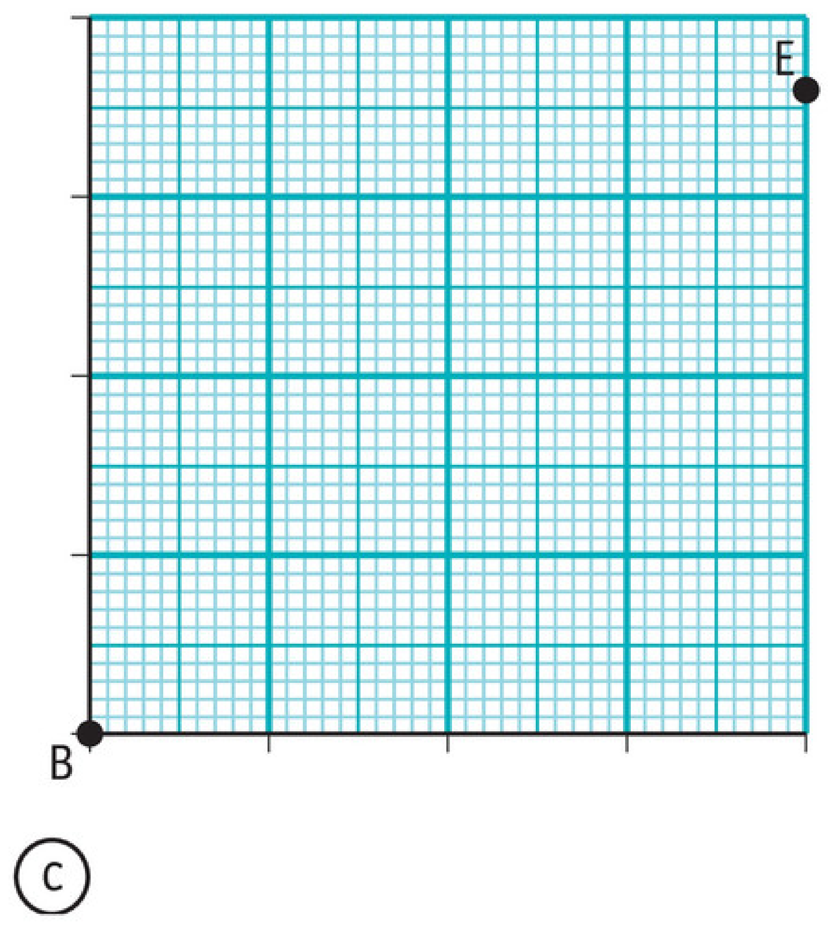
7 In figuur 17 zie je drie afstand-tijddiagrammen.
Van elke beweging zijn het beginpunt (B) en eindpunt (E) aangegeven.

a Zet pijlen langs de assen, met de woorden ‘tijd’ en ‘afstand’ op de juiste plaats.
b Teken in diagram a de grafiek van een beweging met constante snelheid.
c Teken in diagram b de grafiek van een versnelde beweging.
d Teken in diagram c de grafiek van een vertraagde beweging.

figuur 17 Drie diagrammen.







★ 8 In figuur 18 zie je twee afstand-tijddiagrammen van twee wandelaars, Salim en Chris.

a Welke soort beweging maken beide wandelaars?

....

b Hoeveel meter heeft Salim na 3 seconden afgelegd?

Salim heeft na 3 seconden .... m afgelegd.

c Hoeveel meter heeft Chris na 3 seconden afgelegd?

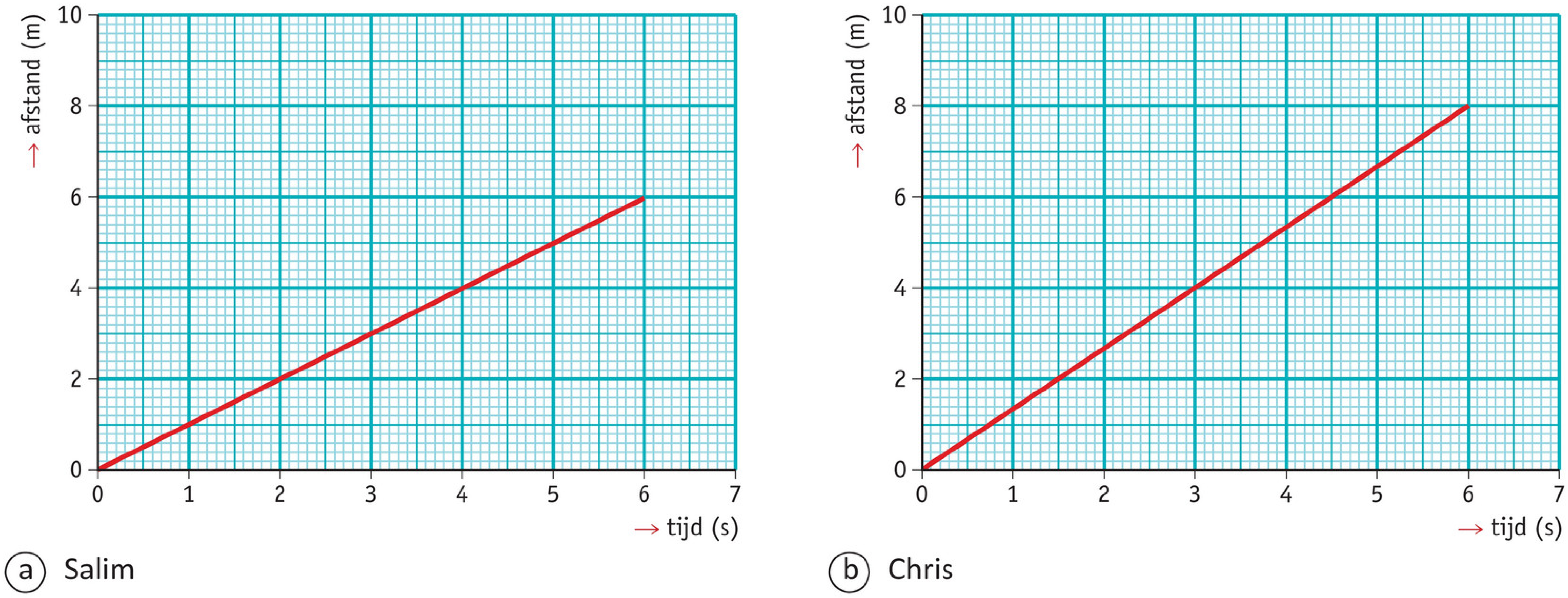
Chris heeft na 3 seconden .... m afgelegd.

d *SALIM* / *CHRIS* heeft de grootste snelheid.

e Kijk nog een keer naar figuur 18.
Welke grafiek is het steilst?
De grafiek van *SALIM* / *CHRIS* is het steilst.

f Hoe groter de snelheid, hoe *STEILER* / *VLAKKER* de grafiek.

figuur 18 De afstand-tijddiagrammen van Salim en Chris.



9 Je ziet in figuur 19 het afstand-tijddiagram van een wielrenner.

a Welke soort beweging zie je in deel 1 van de grafiek?

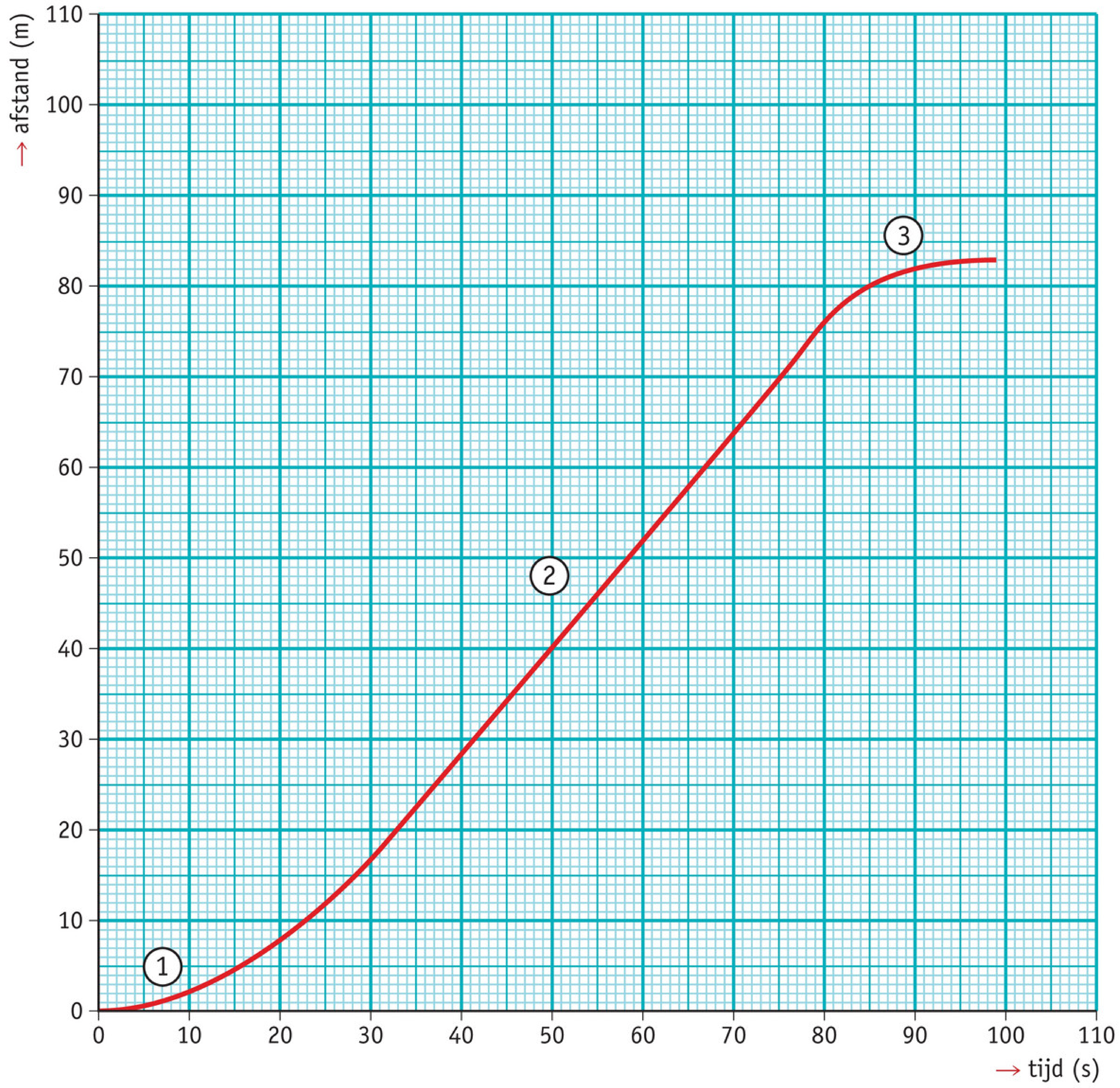
....

b Welke soort beweging zie je in deel 2 van de grafiek?

....

c Welke soort beweging zie je in deel 3 van de grafiek?

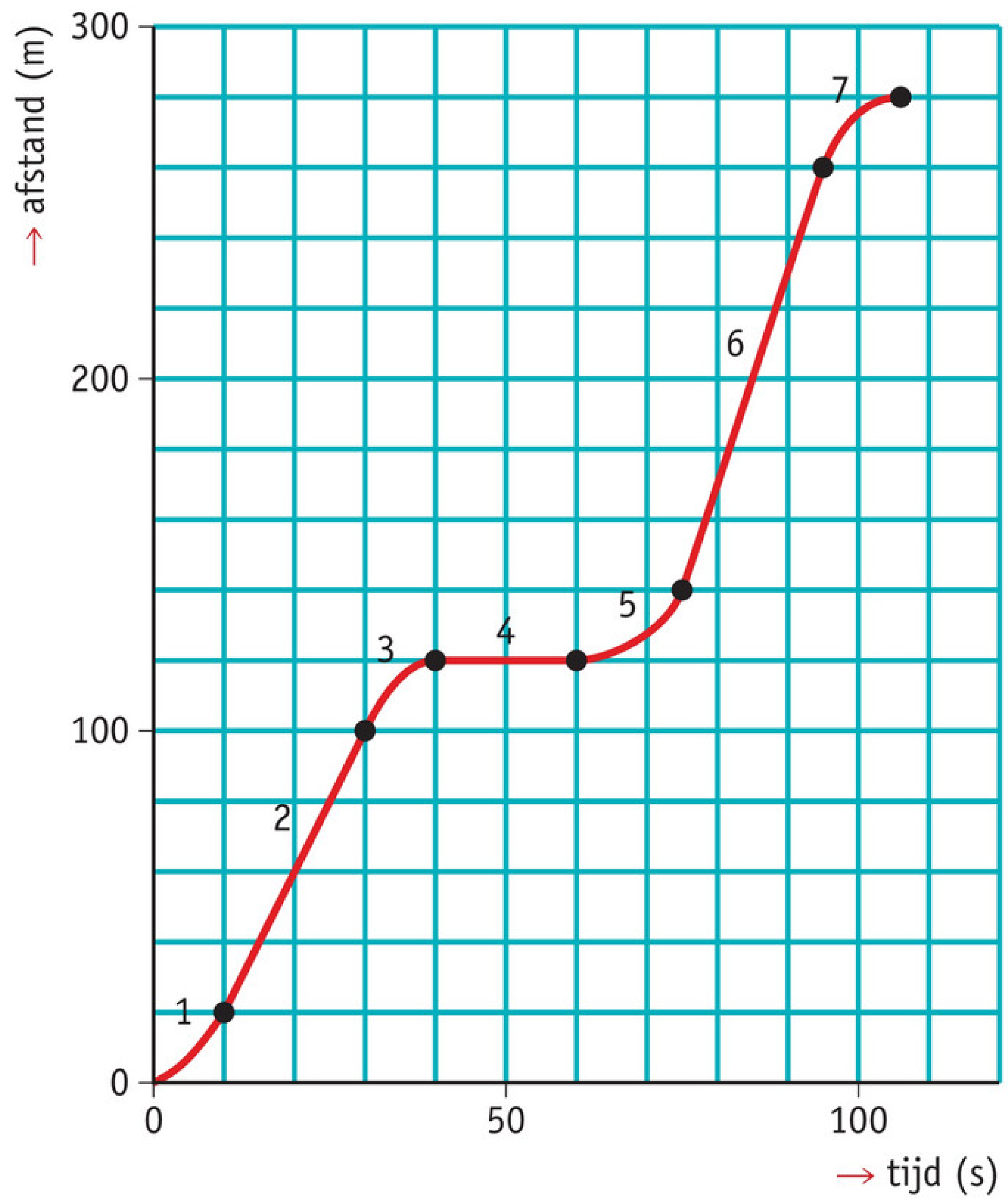
....



figuur 19 Het afstand-tijddiagram van een wielrenner.

10 Jeanette fietst van huis naar school. In figuur 20 zie je het afstand-tijddiagram van haar beweging.
Geef aan welke omschrijving bij welk deel van de grafiek hoort.

A deel 1	◯	◯	1 Ze remt af als een verkeerslicht op rood springt.
B deel 2	◯	◯	2 Ze remt en stapt af als ze bij school aankomt.
C deel 3	◯	◯	3 Ze rijdt met een snelheid van 4 m/s.
D deel 4	◯	◯	4 Ze rijdt met een snelheid van 6 m/s.
E deel 5	◯	◯	5 Ze rijdt weg als het stoplicht op groen springt.
F deel 6	◯	◯	6 Ze staat stil voor een rood stoplicht.
G deel 7	◯	◯	7 Ze stapt op de fiets en rijdt bij huis weg.



figuur 20 De fietstocht van Jeanette.

★ 11 Kijk nog een keer naar het afstand-tijddiagram in figuur 20.

a Welke beweging maakt Jeanette in de gedeelten 2 en 6 van het diagram?
- ○ A Ze maakt een beweging met constante snelheid.
- ○ B Ze maakt een versnelde beweging.
- ○ C Ze maakt een vertraagde beweging.
- ○ D Ze staat stil.

b Welke beweging maakt Jeanette in de gedeelten 1 en 5 van het diagram?
- ○ A Ze maakt een beweging met constante snelheid.
- ○ B Ze maakt een versnelde beweging.
- ○ C Ze maakt een vertraagde beweging.
- ○ D Ze staat stil.

c Welke beweging maakt Jeanette in de gedeelten 3 en 7 van het diagram?
- ○ A Ze maakt een beweging met constante snelheid.
- ○ B Ze maakt een versnelde beweging.
- ○ C Ze maakt een vertraagde beweging.
- ○ D Ze staat stil.

d Welke beweging maakt Jeanette in gedeelte 4 van het diagram?
- ○ A Ze maakt een beweging met constante snelheid.
- ○ B Ze maakt een versnelde beweging.
- ○ C Ze maakt een vertraagde beweging.
- ○ D Ze staat stil.

ONTHOUD

De grafiek van de afstand en de tijd noem je een afstand-tijddiagram.

In een afstand-tijddiagram kun je aflezen welke afstand bij een bepaalde tijd hoort. Je zoekt op de tijd-as deze tijd op. Hier trek je een hulplijn recht omhoog. Je stopt als je bij de grafiek bent. Hier trek je een hulplijn horizontaal naar de afstand-as. Daar lees je de afstand af.

Bij een versnelde beweging is de grafiek een stijgende lijn die steeds steiler gaat lopen.

Bij een vertraagde beweging is de grafiek een stijgende lijn die steeds minder steil gaat lopen.

Bij een beweging met constante snelheid is de grafiek een rechte stijgende lijn.

Als een voorwerp niet beweegt, is de grafiek een horizontale lijn.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

5 Snelheid-tijddiagram

LEERDOELEN

5.5.1 Je kunt een snelheid-tijddiagram aflezen.

5.5.2 Je kunt in een snelheid-tijddiagram de soort beweging herkennen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	5.5.1	5.5.2	5.3.2*
Onthouden	1, 6a, 10a, 11ad	7, 8, 9	
Begrijpen	11ej, 12fij	2a, 3a, 4a, 5a, 12ceg	11bcf, 12d
Toepassen	2b, 3b, 4b, 5b, 11ghik, 12abh	5bc, 6bc, 10bc	
Analyseren			

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Als je de afstand en de tijd weet, kun je een afstand-tijddiagram maken. Uit zo'n grafiek kun je de soort beweging herkennen. Dat kan ook uit een snelheid-tijddiagram.

VERSNELDE BEWEGING

Je kunt van een beweging een afstand-tijddiagram tekenen. Je kunt van een beweging ook een **snelheid-tijddiagram** tekenen.

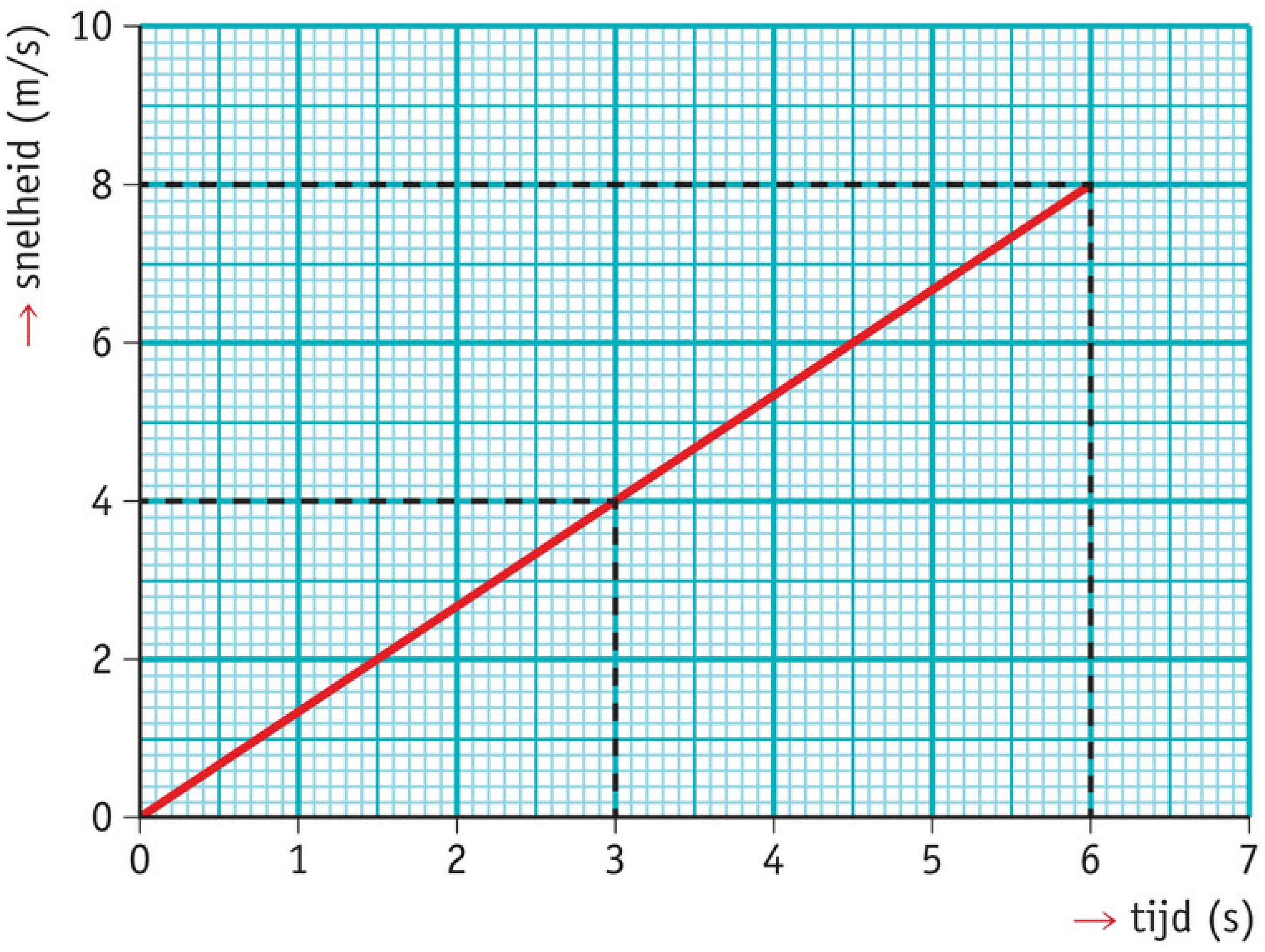
In een snelheid-tijddiagram heb je twee assen.

- De horizontale as noem je de tijd-as. Op de tijd-as staat de tijd in seconden.
- De verticale as noem je de **snelheid-as**. Op de snelheid-as staat de snelheid in m/s.

In figuur 1 zie je de grafiek van een handbiker die steeds sneller gaat rijden (figuur 2). De snelheid wordt steeds groter.
De grafiek begint in het punt (0,0). In het punt (0,0) is de tijd 0 s en de snelheid 0 m/s. De rode lijn geeft aan hoe groot de snelheid is.
Na 3 seconden is de snelheid 4 m/s.
Na 6 seconden is de snelheid 8 m/s.

In een snelheid-tijddiagram herken je een versnelde beweging aan een stijgende lijn. Hoe steiler de lijn, hoe sneller de snelheid toeneemt.

Net zoals je in een afstand-tijddiagram afstand en tijd kunt aflezen, kun je in een snelheid-tijddiagram de snelheid op iedere tijd aflezen.



figuur 1 Snelheid-tijddiagram van een versnelde beweging.

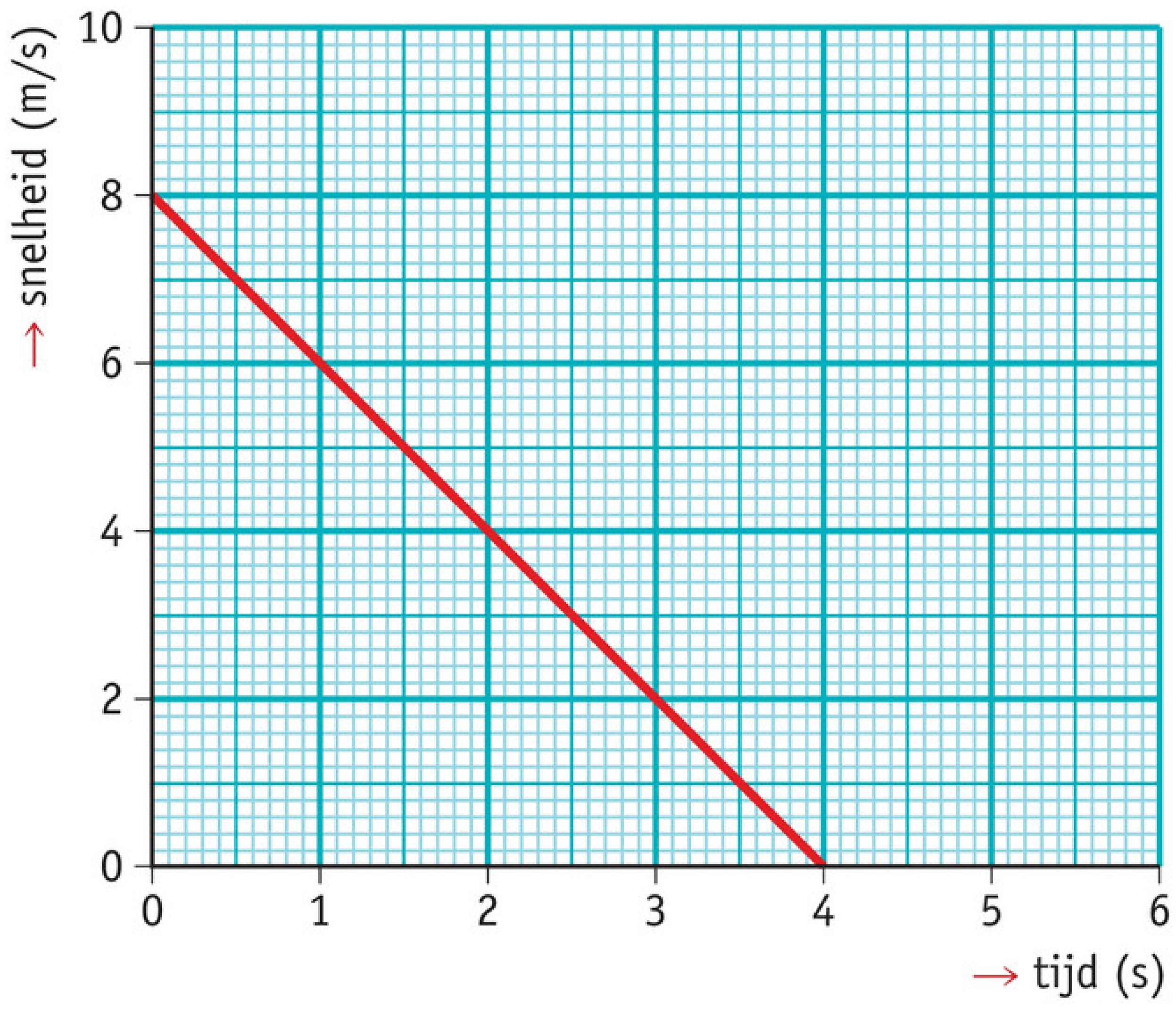


figuur 2 Een handbiker in actie.

VERTRAAGDE BEWEGING

In figuur 3 zie je de grafiek van een scooter die steeds langzamer gaat rijden. De snelheid wordt steeds kleiner.
De grafiek begint in het punt (0,8). Hier is de tijd 0 s en de snelheid 8 m/s. De rode lijn geeft aan hoe groot de snelheid is.
Op 0 seconden is de snelheid 8 m/s.
Na 2 seconden is de snelheid nog maar 4 m/s.
Na 4 seconden is de snelheid helemaal teruggegaan naar 0 m/s. De scooter staat dan stil, bijvoorbeeld bij een verkeerslicht.

In een snelheid-tijddiagram herken je een vertraagde beweging aan een dalende lijn. Hoe steiler de lijn, hoe sneller de snelheid afneemt.



figuur 3 Snelheid-tijddiagram van een vertraagde beweging.

1 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *grafiek – horizontale – meter per seconde – seconden – verticale*.

In een snelheid-tijddiagram kun je een ....
tekenen van een beweging.

De tijd-as is de .... as. Op de tijd-as staat de tijd in

....

De snelheid-as is de .... as. Op de snelheid-as

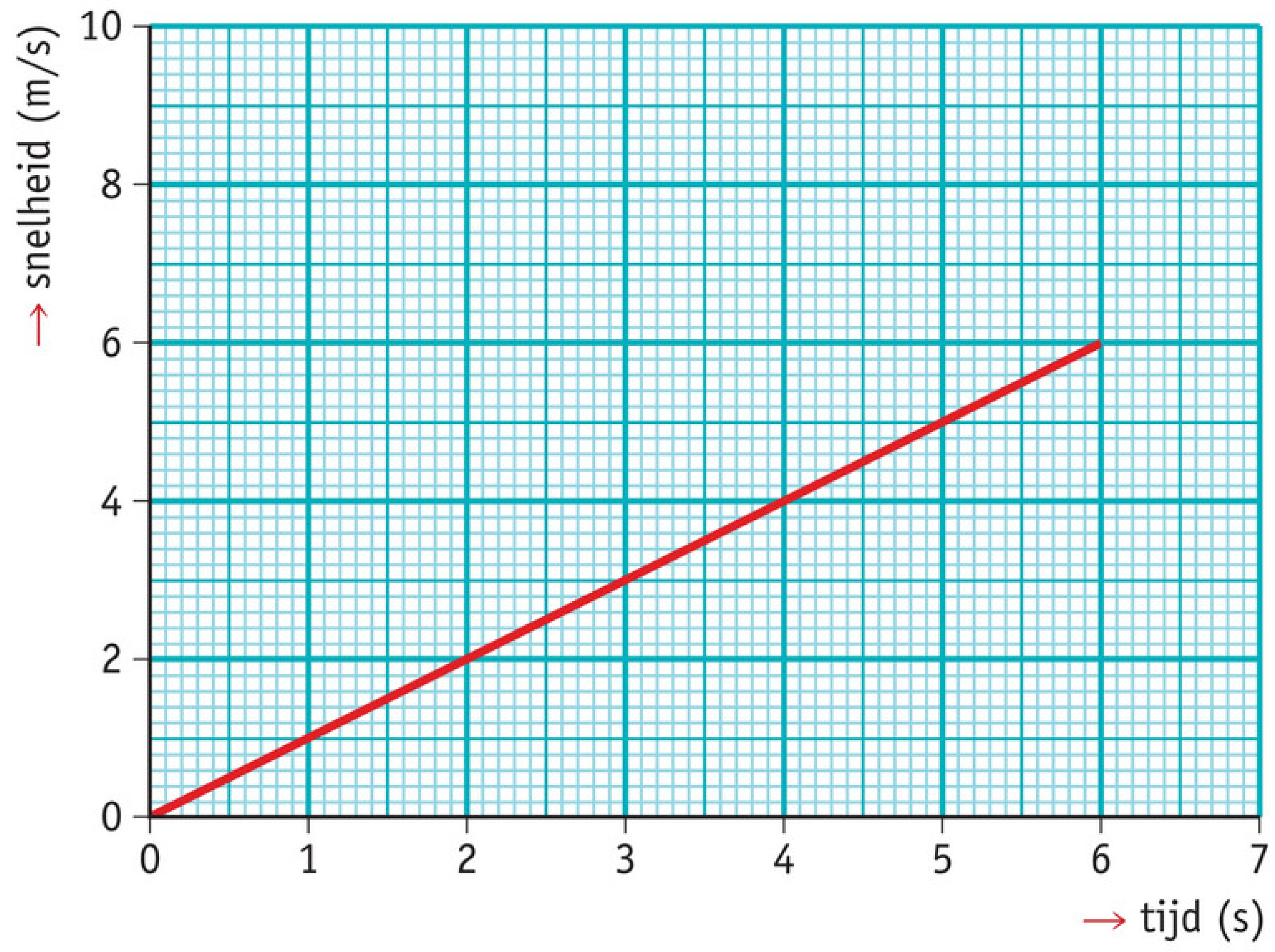
staat de snelheid in ....

2 In figuur 4 zie je een snelheid-tijddiagram van een beweging.

a Welke soort beweging zie je in dit figuur?
Je ziet een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging.

b Hoe groot is de snelheid na 4,5 seconden?

Na 4,5 seconden is de snelheid .... m/s.



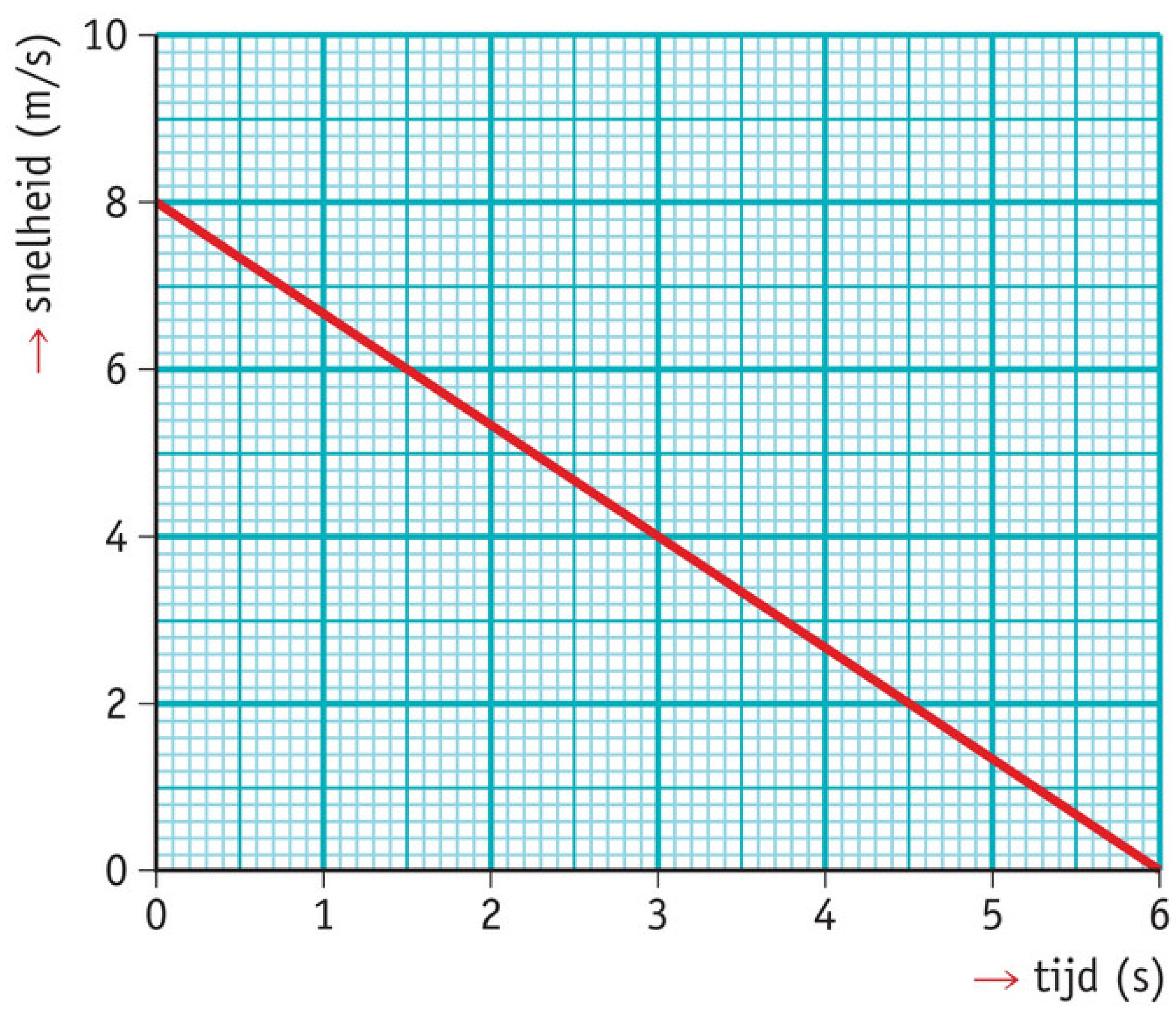
figuur 4 Snelheid-tijddiagram van een beweging.

3 In figuur 5 zie je een snelheid-tijddiagram van een beweging.

a Welke soort beweging zie je in deze figuur?
Je ziet een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging.

b Hoe groot is de snelheid na 2,5 seconden?
Na 2,5 seconden is de snelheid

.... m/s.



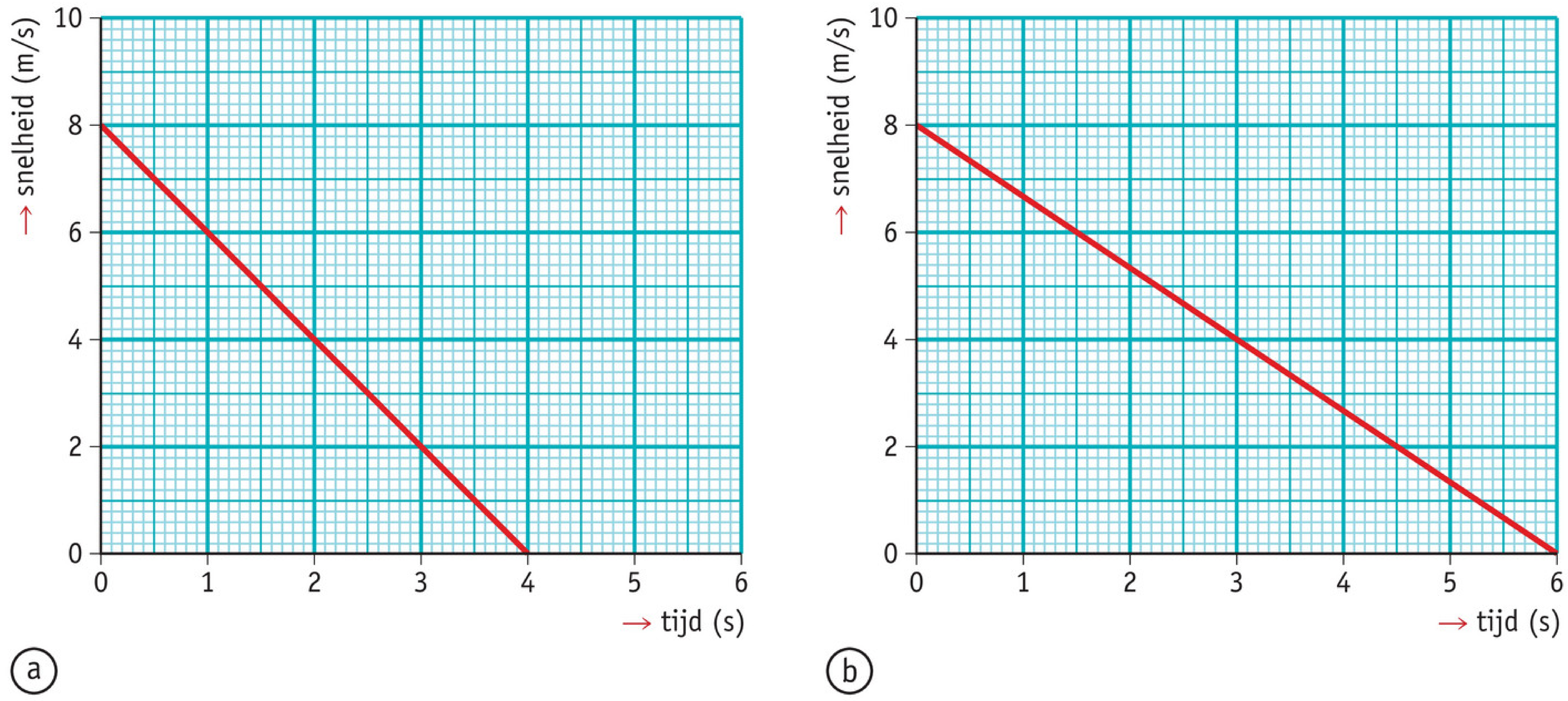
figuur 5 Snelheid-tijddiagram van een beweging.

4 In figuur 6 zie je twee snelheid-tijddiagrammen.

a In beide diagrammen zie je een grafiek van een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging.

b De snelheid in diagram *a* / *b* neemt het snelst af.

figuur 6 Twee snelheid-tijddiagrammen.

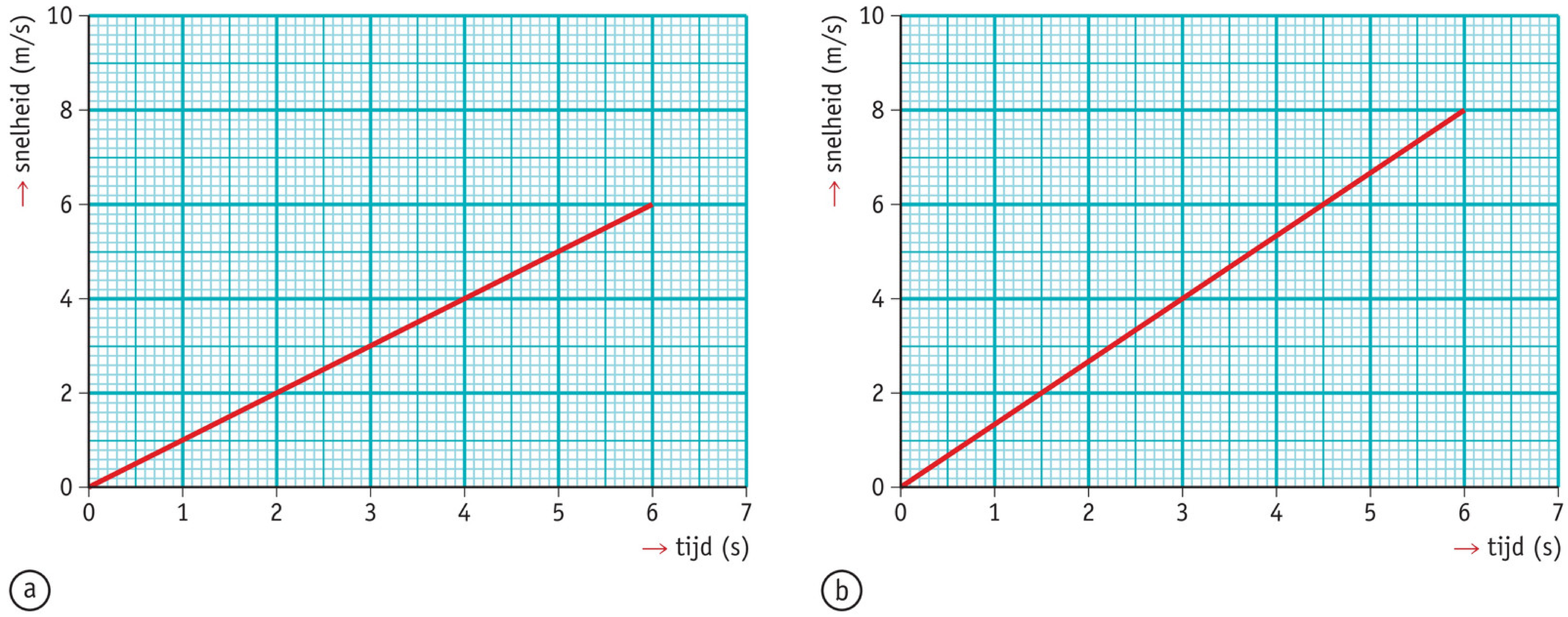


5 In figuur 7 zie je twee snelheid-tijddiagrammen.

a In beide diagrammen zie je een grafiek van een *VERSNELDE* / *VERTRAAGDE* beweging.

b De snelheid in diagram *a* / *b* neemt het langzaamst toe.

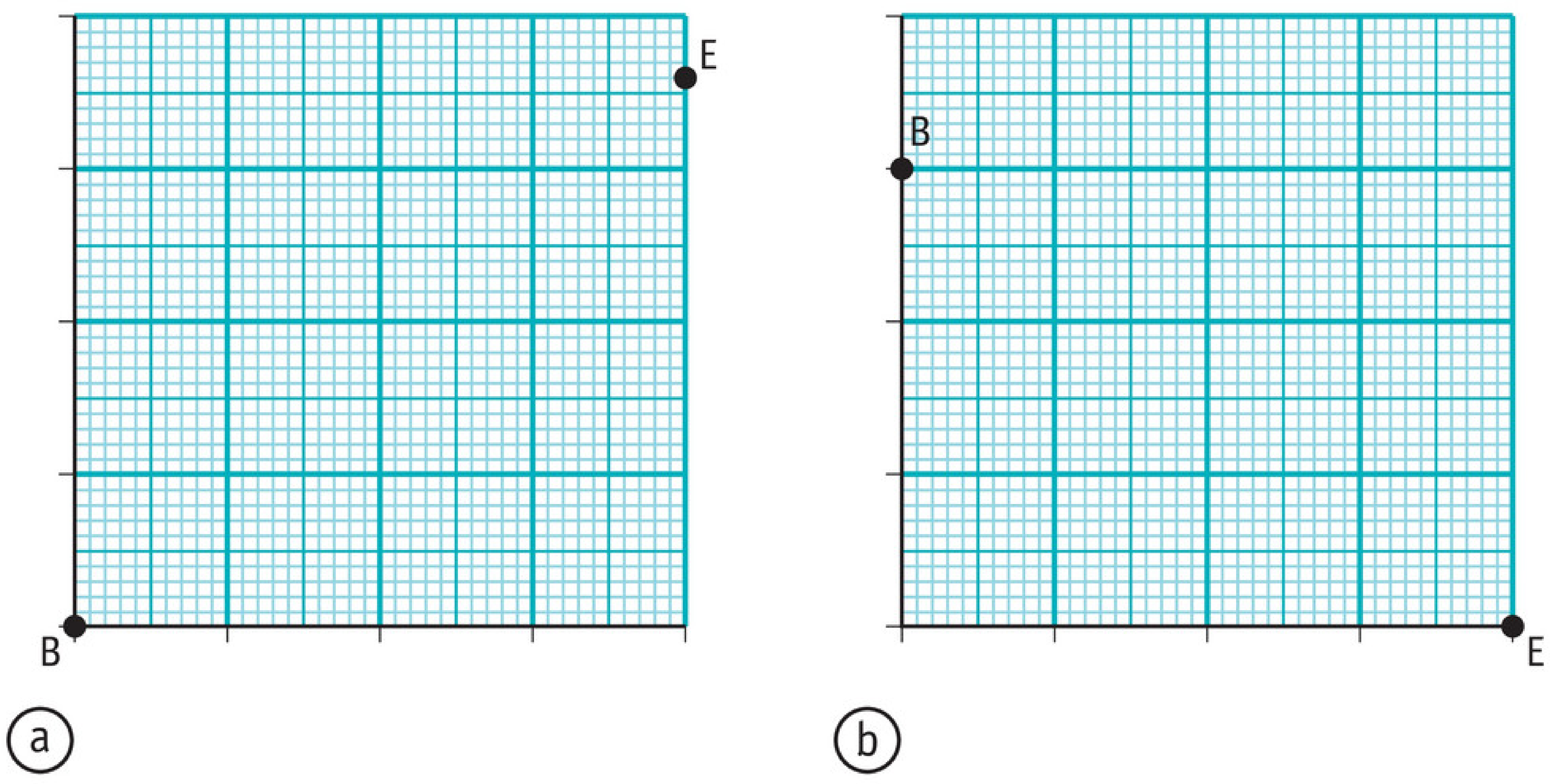
figuur 7 Twee snelheid-tijddiagrammen.



6 In figuur 8 zie je twee snelheid-tijddiagrammen.
Van elke beweging zijn het beginpunt (B) en eindpunt (E) aangegeven.

a Zet pijlen langs de assen, met de woorden ‘tijd’ en ‘snelheid’ op de juiste plaats.
b Teken in diagram a de lijn van een versnelde beweging.
c Teken in diagram b de lijn van een vertraagde beweging.

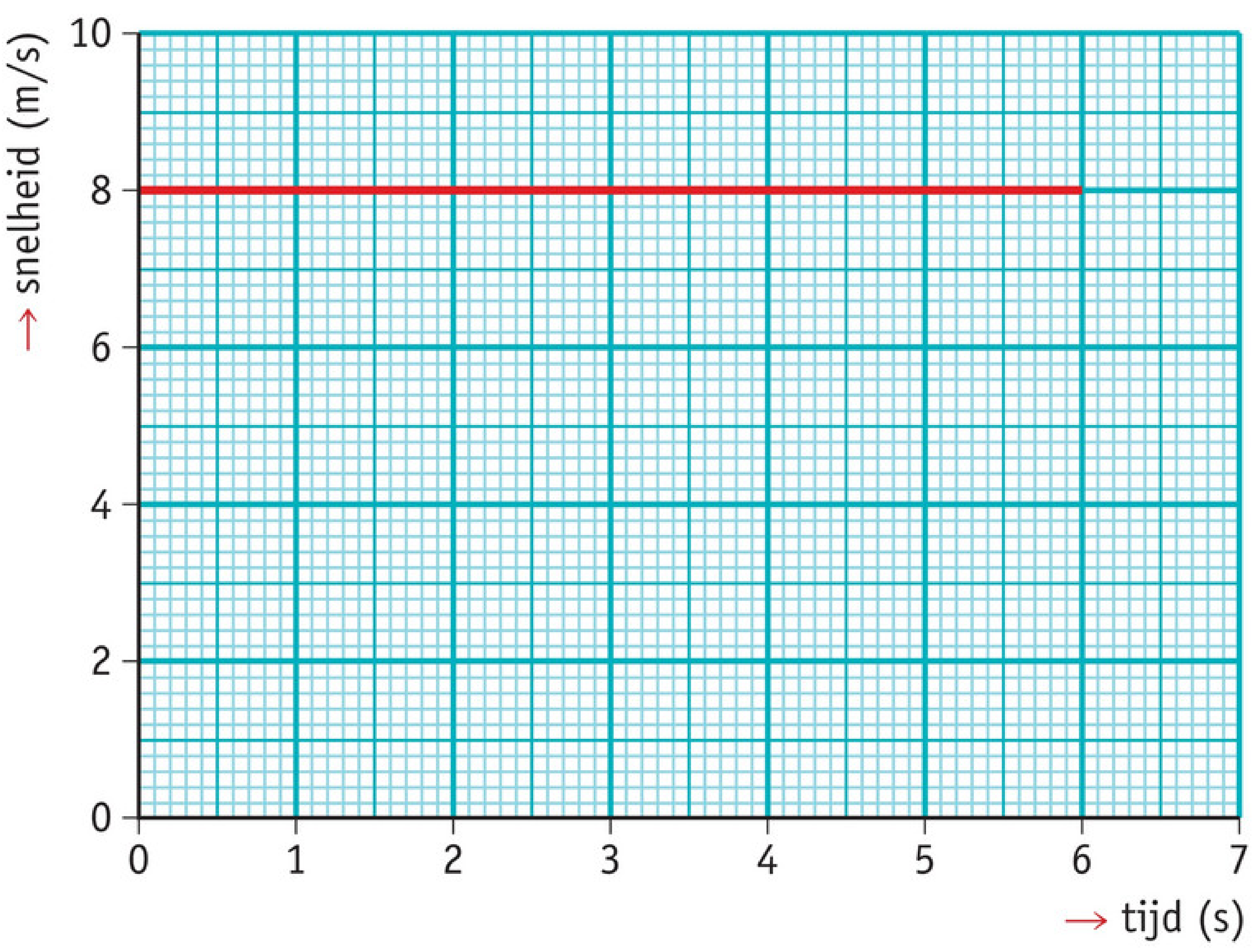
figuur 8 Twee bewegingen.



BEWEGING MET CONSTANTE SNELHEID

In figuur 9 zie je de grafiek van een speed-biker die met een constante snelheid rijdt (figuur 10). De snelheid van de speed-biker blijft de hele tijd gelijk.

De rode lijn geeft aan hoe groot de snelheid is.
Op 0 seconden is de snelheid 8 m/s.
Na 3 seconden is de snelheid ook 8 m/s.
Na 6 seconden is de snelheid nog steeds 8 m/s.
In een snelheid-tijddiagram herken je een beweging met constante snelheid aan een horizontale lijn.



figuur 9 Snelheid-tijddiagram van een beweging met constante snelheid.

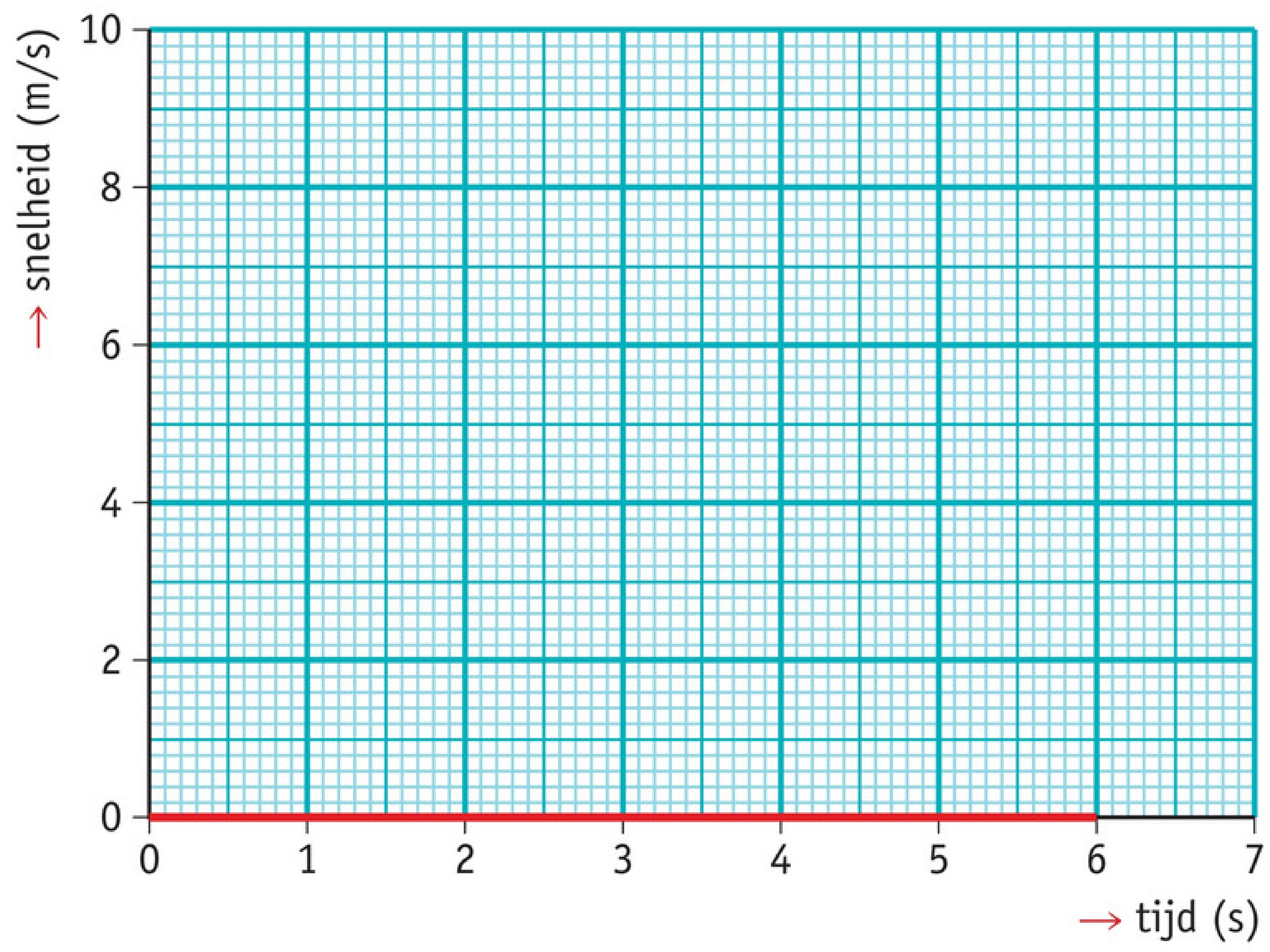


figuur 10 Een speed-biker rijdt met constante snelheid over een fietspad.

STILSTAAN

In figuur 11 zie je de grafiek van de speed-biker die stilstaat voor een stoplicht. De snelheid blijft de hele tijd 0 m/s.

De rode lijn geeft aan hoe groot de snelheid is.
Op 0 seconden is de snelheid 0 m/s.
Na 3 seconden is de snelheid ook 0 m/s.
Na 6 seconden is de snelheid nog steeds 0 m/s.
In een snelheid-tijddiagram herken je een beweging met constante snelheid van 0 m/s aan een horizontale lijn die op de tijd-as ligt. Stilstaan is dus een speciale beweging met een constante snelheid.



figuur 11 Snelheid-tijddiagram bij stilstaan.

7 Een beweging met constante snelheid geef je aan met een *DALENDE* / *HORIZONTALE* / *STIJGENDE* lijn.

8 Stilstaan geef je aan met een *DALENDE* / *HORIZONTALE* / *STIJGENDE* lijn.

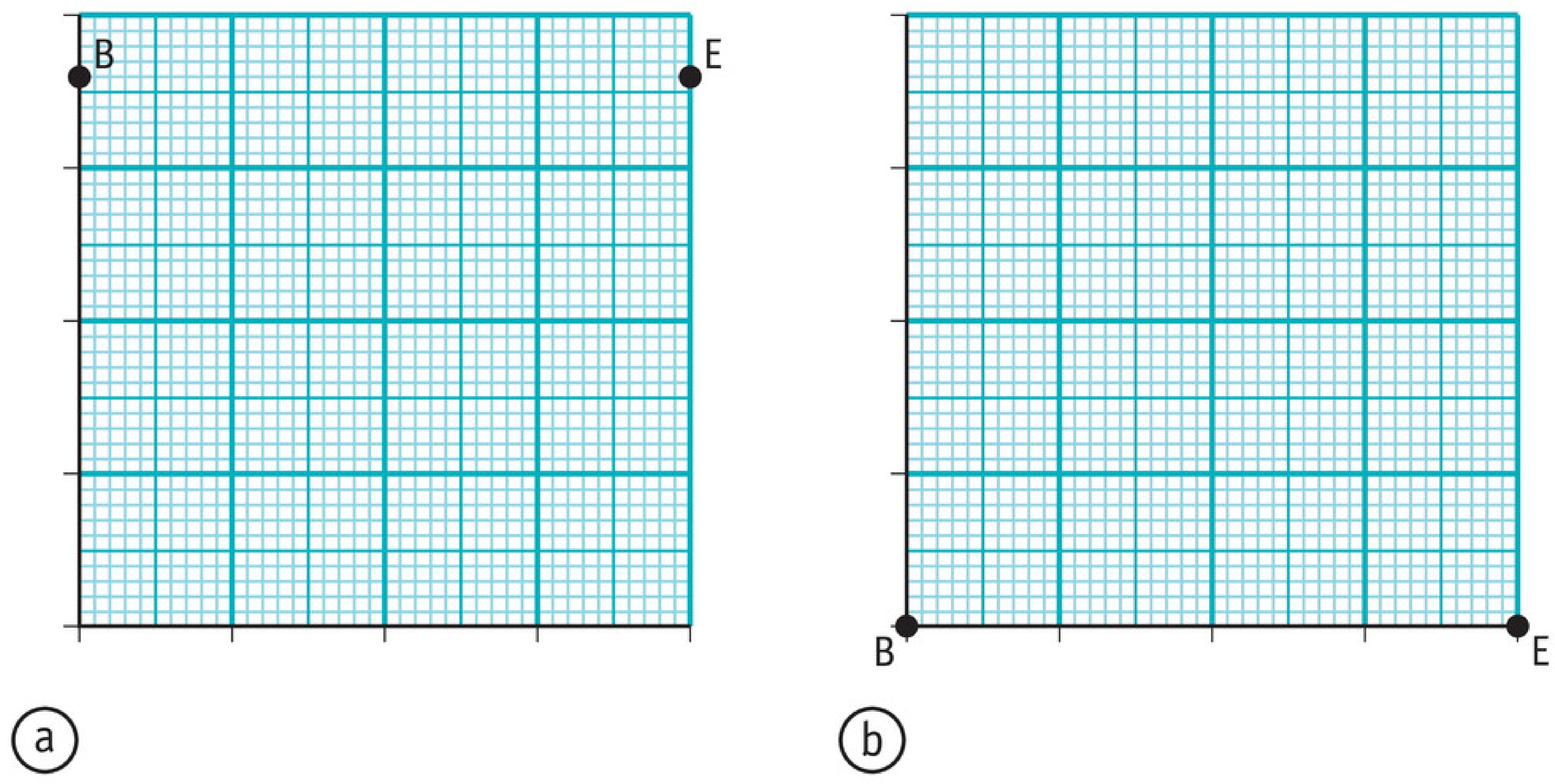
9 Stilstaan is een speciale:

- ○ A beweging met constante snelheid.
- ○ B versnelde beweging.
- ○ C vertraagde beweging.

10 In figuur 12 zie je twee snelheid-tijddiagrammen.
Van elke beweging zijn het beginpunt (B) en eindpunt (E) aangegeven.

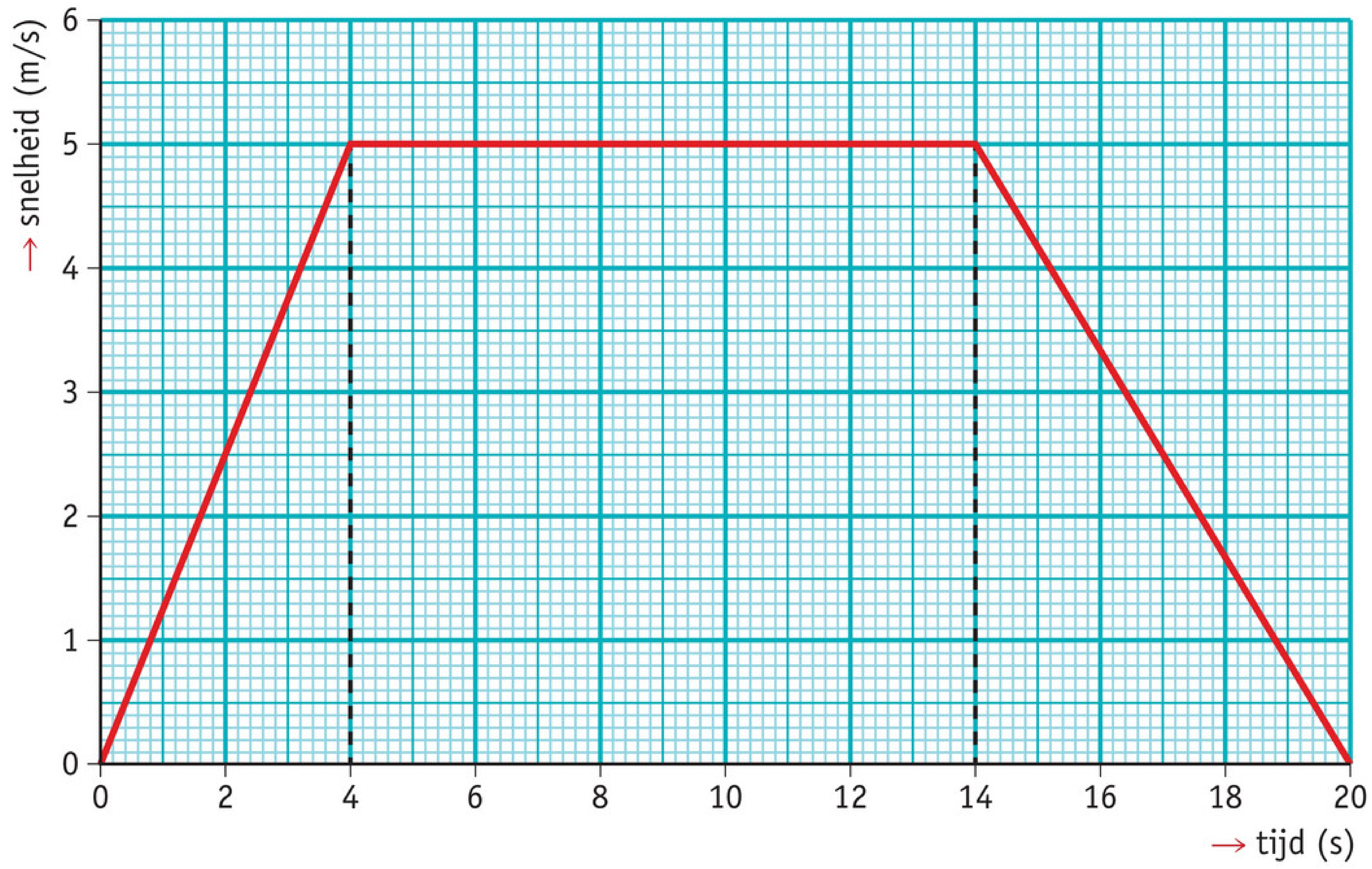
a Zet pijlen langs de assen, met de woorden 'tijd' en 'snelheid' op de juiste plaats.
b Teken in diagram a de lijn van een beweging met constante snelheid.
c Teken in diagram b de lijn van een voorwerp dat stilstaat.

figuur 12 Twee bewegingen.



SOORTEN BEWEGINGEN COMBINEREN

Je kunt ook verschillende bewegingen tekenen in één grafiek. Dat zie je in figuur 13. Dit is het snelheid-tijddiagram van een auto bij langzaam rijdend en stilstaand verkeer.



figuur 13 Snelheid-tijddiagram van een auto in de file.

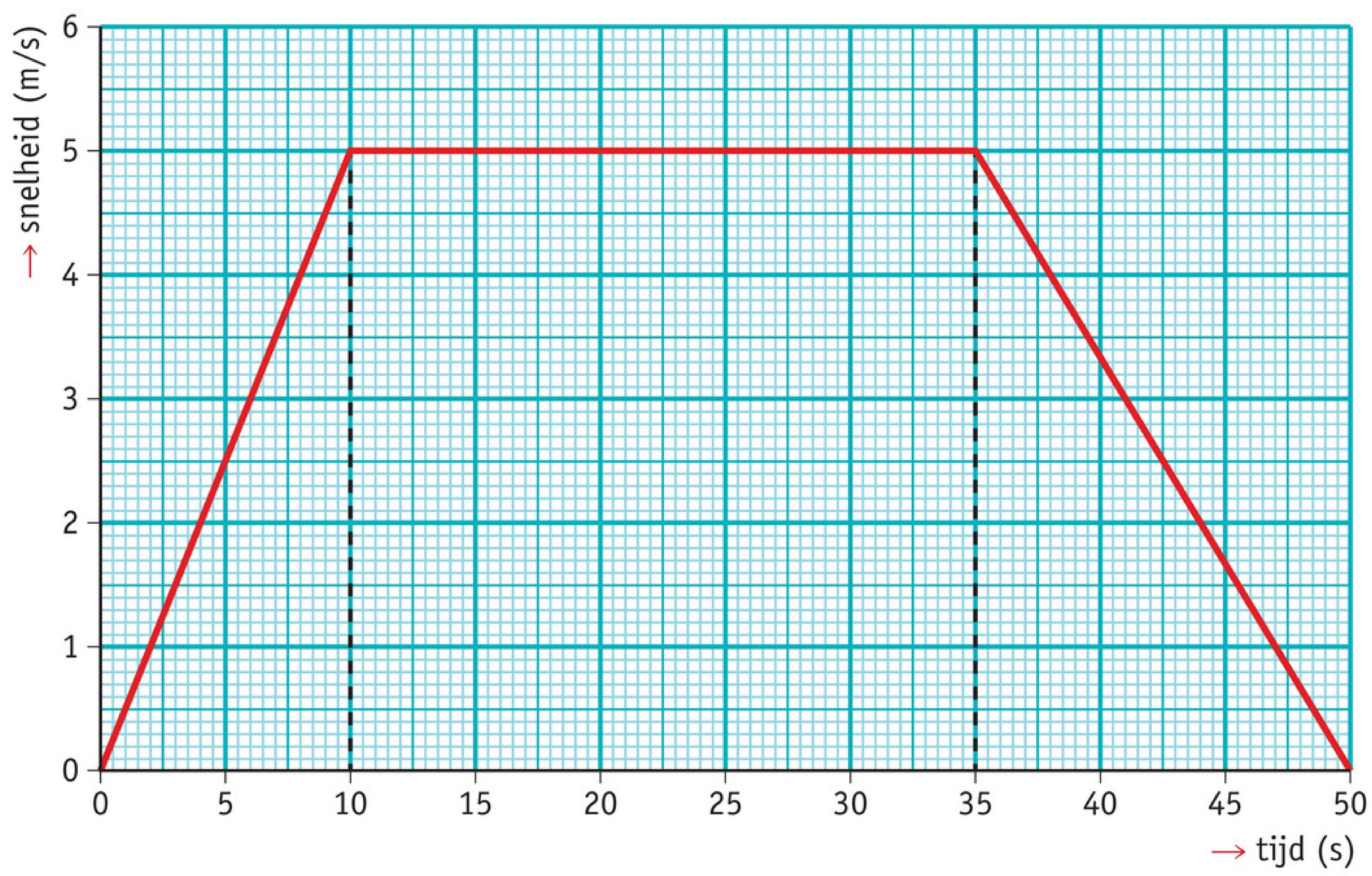
De eerste 4 seconden trekt de auto op, omdat de file iets vooruitgaat. Van 0 s tot 4 s loopt de grafiek omhoog. De grafiek is een stijgende lijn. De beweging is versneld.

Van 4 s tot 14 s rijdt de auto langzaam door. De auto rijdt de hele tijd met een snelheid van 5 m/s. De grafiek is een horizontale lijn. De auto beweegt met constante snelheid.

Van 14 s tot 20 s is de grafiek een dalende lijn. De snelheid van de auto wordt steeds kleiner. Bij een dalende lijn wordt de snelheid steeds kleiner. De beweging is vertraagd.

Bij 20 s staat de auto weer stil.

11 Kijk naar de grafiek in figuur 14.



figuur 14 Een snelheid-tijddiagram.

Van 0 tot 10 seconden loopt de grafiek omhoog.

a Je zegt dat de grafiek ....

b Van 0 tot 10 seconden wordt de snelheid groter.
Hoe heet dit in de natuurkunde?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging
- ○ D stilstaan

c Van 10 tot 35 seconden loopt de grafiek horizontaal. De snelheid verandert dan niet.
Hoe heet dit in de natuurkunde?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging
- ○ D stilstaan

d Van 35 tot 50 seconden loopt de grafiek omlaag.

Je zegt dat de grafiek ....

e Van 35 tot 50 seconden wordt de snelheid ....

f De snelheid van een beweging wordt kleiner.
Hoe heet dit in de natuurkunde?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging
- ○ D stilstaan

g Hoelang duurt de versnelde beweging? ....

h Na hoeveel seconden begint de beweging met constante snelheid?
- ○ A na 0 seconden
- ○ B na 10 seconden
- ○ C na 35 seconden
- ○ D na 50 seconden

i Hoelang duurt de vertraagde beweging? ....

j Hoe groot is de snelheid na 25 seconden? ....

k Na hoeveel seconden is de snelheid 2,5 m/s?

na .... s en na .... s

12 Van de fietstocht van Elif is een grafiek gemaakt (figuur 15).

a Hoeveel tijd heeft Elif nodig om op snelheid te komen?
- ○ A 0,5 minuut
- ○ B 1 minuut
- ○ C 1,5 minuut
- ○ D 2 minuten

b Hoe groot is haar snelheid tussen minuut 1 en minuut 7? ....

c Tussen minuut 1 en minuut 7 is de snelheid constant.
Hoe zie je in de grafiek dat de snelheid constant is?
De grafiek loopt dan *WEL* / *NIET* horizontaal.

d De Kerkheuvel en de Hoogstraat zijn twee straten op de route. Deze straten lopen bergop. De snelheid wordt steeds kleiner als Elif daar fietst.

Je zegt dat de beweging is ....

e Hoe kun je dat zien aan de grafiek?
- ○ A De grafiek blijft horizontaal.
- ○ B De grafiek daalt.
- ○ C De grafiek stijgt.

f Hoe groot is de snelheid na 8 minuten? ....

g Welke soort beweging heeft Elif van 9 minuten tot 10 minuten?
- ○ A een beweging met constante snelheid
- ○ B een versnelde beweging
- ○ C een vertraagde beweging
- ○ D stilstaan

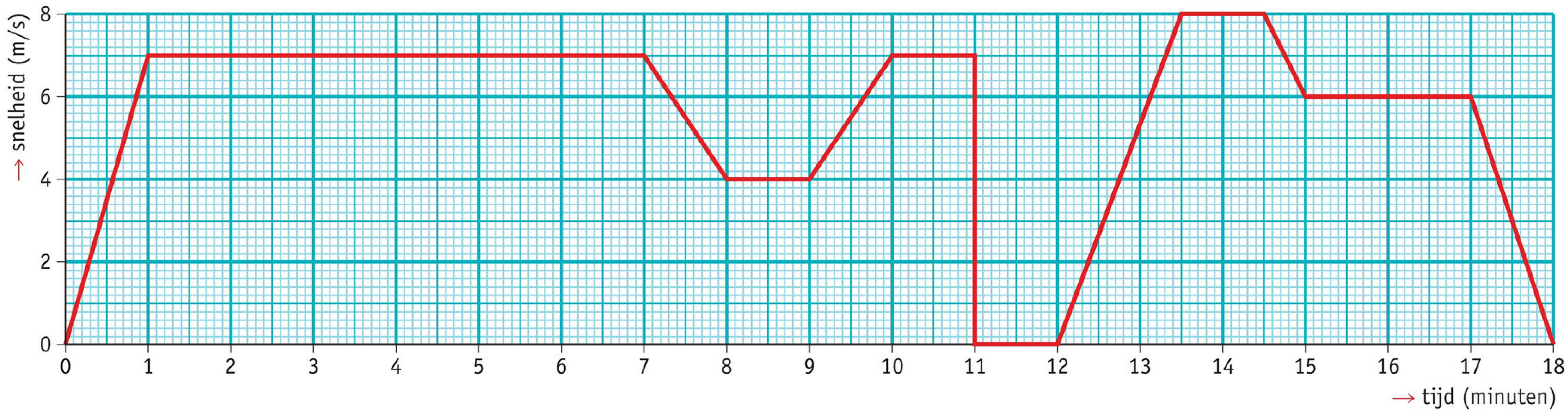
h Wanneer staat Elif stil?

Elif staat stil tussen .... en .... minuten.

i Hoe groot is de snelheid na 16 minuten? ....

j Na hoeveel minuten is Elif thuis?

Elif is na .... minuten thuis.



figuur 15 Elif fietst van school naar huis.

ONTHOUD

De grafiek van de snelheid en de tijd noem je een snelheid-tijddiagram.

Bij een versnelde beweging is de grafiek een stijgende lijn.

Bij een vertraagde beweging is de grafiek een dalende lijn.

Bij een beweging met constante snelheid is de grafiek een horizontale lijn.

Als een voorwerp niet beweegt, is de grafiek een horizontale lijn op de tijd-as.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

Leerstofoverzicht

5.1 SNELHEID

ONTHOUD

- Snelheid is de afstand die je aflegt in een bepaalde tijd.
- De eenheid van snelheid is kilometer per uur.
- Kilometer per uur kort je af als km/h.
- Meter per seconde is ook een eenheid van snelheid.
- Meter per seconde kort je af als m/s.
- Bij omrekenen van m/s naar km/h moet je vermenigvuldigen met 3,6.
- Bij omrekenen van km/h naar m/s moet je delen door 3,6.

BEGRIPPEN

kilometer per uur
Eenheid van snelheid.

km/h
Afkorting van de eenheid van snelheid.

meter per seconde
Eenheid van snelheid.

m/s
Afkorting van de eenheid van snelheid.

snelheid
Afstand die je in een bepaalde tijd aflegt.

5.2 REKENEN MET SNELHEID

ONTHOUD

- De gemiddelde snelheid is de afstand die je aflegt in een bepaalde tijd. Daarbij houd je rekening met versnellen, vertragen en stilstaan tijdens de rit.
- De gemiddelde snelheid bereken je met de formule:
  gemiddelde snelheid = afstand : tijd
- De afstand die iemand aflegt, bereken je met de formule:
  afstand = gemiddelde snelheid × tijd
- De tijd die iemand onderweg is, bereken je met de formule:
  tijd = afstand : gemiddelde snelheid

BEGRIPPEN

afgelegde weg
Andere naam voor afstand.

gemiddelde snelheid
Afstand die je in een bepaalde tijd aflegt. Hierbij houd je rekening met versnellen, vertragen en stilstaan tijdens een rit.

5.3 SOORTEN BEWEGINGEN

ONTHOUD

- Een beweging waarvan de snelheid steeds groter wordt, noem je een versnelde beweging.
- Je kunt een versnelde beweging op een tekening herkennen doordat de tussenruimten steeds groter worden.
- Een beweging waarvan de snelheid gelijk blijft, noem je een beweging met constante snelheid.
- Je kunt een beweging met constante snelheid op een tekening herkennen doordat de tussenruimten even groot blijven.
- Een beweging waarvan de snelheid steeds kleiner wordt, noem je een vertraagde beweging.
- Je kunt een vertraagde beweging op een tekening herkennen doordat de tussenruimten steeds kleiner worden.

BEGRIPPEN

beweging met constante snelheid
Beweging waarbij je in dezelfde tijd steeds dezelfde afstand aflegt.

versnelde beweging
Beweging waarbij je in dezelfde tijd een steeds grotere afstand aflegt.

vertraagde beweging
Beweging waarbij je in dezelfde tijd een steeds kleinere afstand aflegt.

5.4 AFSTAND-TIJDDIAGRAM

ONTHOUD

- De grafiek van de afstand en de tijd noem je een afstand-tijddiagram.
- In een afstand-tijddiagram kun je aflezen welke afstand bij een bepaalde tijd hoort. Je zoekt op de tijd-as deze tijd op. Hier trek je een hulplijn recht omhoog. Je stopt als je bij de grafiek bent. Hier trek je een hulplijn horizontaal naar de afstand-as. Daar lees je de afstand af.
- Bij een versnelde beweging is de grafiek een stijgende lijn die steeds steiler gaat lopen.
- Bij een vertraagde beweging is de grafiek een stijgende lijn die steeds minder steil gaat lopen.
- Bij een beweging met constante snelheid is de grafiek een rechte stijgende lijn.
- Als een voorwerp niet beweegt, is de grafiek een horizontale lijn.

BEGRIPPEN

afstand-as
Verticale as in een afstand-tijddiagram. Hierop staat de afstand in meter.

afstand-tijddiagram
Diagram waarbij de horizontale as de tijd-as is en de verticale as de afstand-as.

tijd-as
Horizontale as in een afstand-tijddiagram. Hierop staat de tijd in seconden.

5.5 SNELHEID-TIJDDIAGRAM

ONTHOUD

- De grafiek van de snelheid en de tijd noem je een snelheid-tijddiagram.
- Bij een versnelde beweging is de grafiek een stijgende lijn.
- Bij een vertraagde beweging is de grafiek een dalende lijn.
- Bij een beweging met constante snelheid is de grafiek een horizontale lijn.
- Als een voorwerp niet beweegt, is de grafiek een horizontale lijn op de tijd-as.

BEGRIPPEN

snelheid-as
Verticale as in een snelheid-tijddiagram. Hierop staat de snelheid in meter per seconde.

snelheid-tijddiagram
Diagram waarbij de horizontale as de tijd-as is en de verticale as de snelheid-as.

6 Energie en warmte

ENERGIE EN WARMTE
Als het buiten koud is, willen we het binnen warm hebben. Een warme radiator zorgt voor de nodige verwarming in een kamer. De warmte van de radiator stroomt door de kamer en maakt die lekker warm.





Wat weet je al over energie en temperatuur?

LEERDOELEN

1. Je kunt uitleggen waarvoor je een thermometer gebruikt.
2. Je kunt de eenheid van temperatuur geven.
3. Je kunt de bouw van stoffen en materialen beschrijven met moleculen en atomen.
4. Je kunt fasen benoemen waarin stoffen kunnen voorkomen.
5. Je kunt uitleggen wat vermogen betekent.

In deel 1-2 van Nova nask en in hoofdstuk 1 en 2 van deel 3A heb je al een aantal dingen over energie en temperatuur geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Met welk apparaat meet je de temperatuur?

○ A met een spanningsmeter
○ B met een stroommeter
○ C met een thermometer

2 De eenheid van temperatuur is .... met als afkorting ....

3 Zet in de juiste volgorde van groot naar klein.
Gebruik van groot naar klein de nummers 1 tot en met 3.

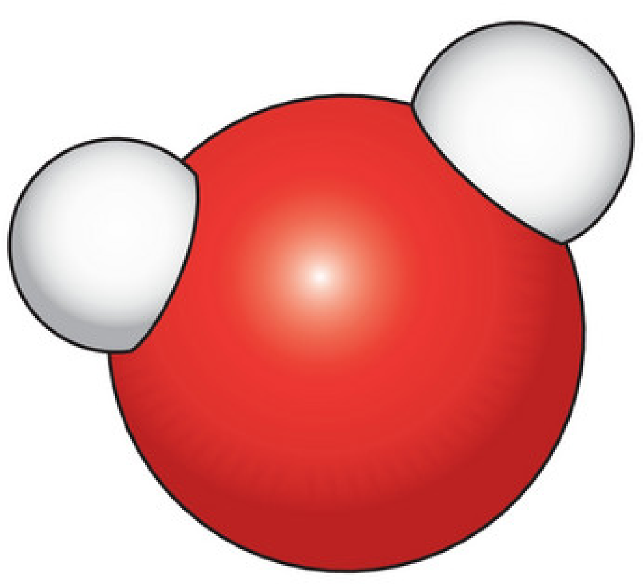
.... atoom

.... molecuul

.... stof

4 In figuur 1 zie je een watermolecuul.
Wat stellen de drie bolletjes voor?

De drie bolletjes stellen .... voor.



figuur 1 Een watermolecuul.

5 Water kom je tegen als ijs, water en waterdamp.
Schrijf de drie fasen op waarin stoffen kunnen voorkomen.

....

....

....

6 Het vermogen is de .... die een apparaat iedere seconde verbruikt. De eenheid van vermogen is ....

De afkorting van watt is ....

7 In figuur 2 zie je type-plaatjes van drie apparaten.
Welk van de drie apparaten verbruikt de meeste energie per seconde?

- ○ A apparaat a
- ○ B apparaat b
- ○ C apparaat c



figuur 2 Drie type-plaatjes.

Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Energie-omzetting

LEERDOELEN

6.1.1 Je kunt elektrische warmtebronnen en warmtebronnen die op brandstof werken herkennen.
6.1.2 Je kunt verschillende soorten energie benoemen.
6.1.3 Je kunt energie-omzettingen beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.1.1	6.1.2	6.1.3
Onthouden	1	5, 7	6, 8, 10
Begrijpen	2, 3, 4		
Toepassen			9, 11, 12, 13, 14
Analyseren			

Om thee te zetten, verwarm je water in een elektrische waterkoker. Als je vlees bakt op de barbecue, verwarm je het vlees met hete houtskool. Zo gebruik je dagelijks verschillende soorten energie.

WARMTEBRONNEN

Mensen gebruiken dagelijks warmte. Bijvoorbeeld voor eten koken, huizen verwarmen, haren föhnen en misschien wel solderen. Het fornuis, de cv-ketel, de föhn en de soldeerbout zijn **warmtebronnen**. Warmtebronnen geven warmte af.

Sommige warmtebronnen werken op elektriciteit. Deze warmtebronnen sluit je aan door een stekker in het stopcontact te steken.
Voorbeelden van elektrische warmtebronnen zijn:

- een elektrische kookplaat;
- een elektrische radiator;
- een föhn;
- een soldeerbout;
- een dompelaar (figuur 1).



figuur 1 Een dompelaar verwarmt water in een glas.

In andere warmtebronnen verbrandt een brandstof, zoals hout, gas, olie of kolen. De verbranding van deze brandstoffen zorgt dan voor de warmte.
Voorbeelden van warmtebronnen die op brandstof werken zijn:

- een gasbrander (gas);
- een cv-ketel (gas);
- een open haard (hout);
- een theelichtje (paraffine).

1 Hoe noem je een apparaat dat warmte afgeeft? een ....

2 Waarvoor gebruiken mensen warmtebronnen die op brandstof werken?
Schrijf drie voorbeelden op.

....

....

....

3 Koppel iedere foto aan de juiste soort warmtebron.

A  ○

B  ○

C  ○

D  ○

○ 1 warmtebron op elektriciteit

○ 2 warmtebron op brandstof

4 In de tekst staan voorbeelden van elektrische warmtebronnen.
Schrijf nog drie elektrische warmtebronnen op.

....

....

....

SOORTEN ENERGIE

Energie is er in vele soorten. Elektrische apparaten werken op **elektrische energie**. Elektrische energie haal je uit het stopcontact of uit batterijen.

Alle dingen die bewegen of ronddraaien hebben **bewegingsenergie**. De wieken van een windmolen bijvoorbeeld, maar ook je fiets of een rijdende trein.

De vlammen van een kampvuur geven veel **warmte** en licht (figuur 2). Warmte en licht zijn ook soorten energie.



figuur 2 Warmen aan een kampvuur.

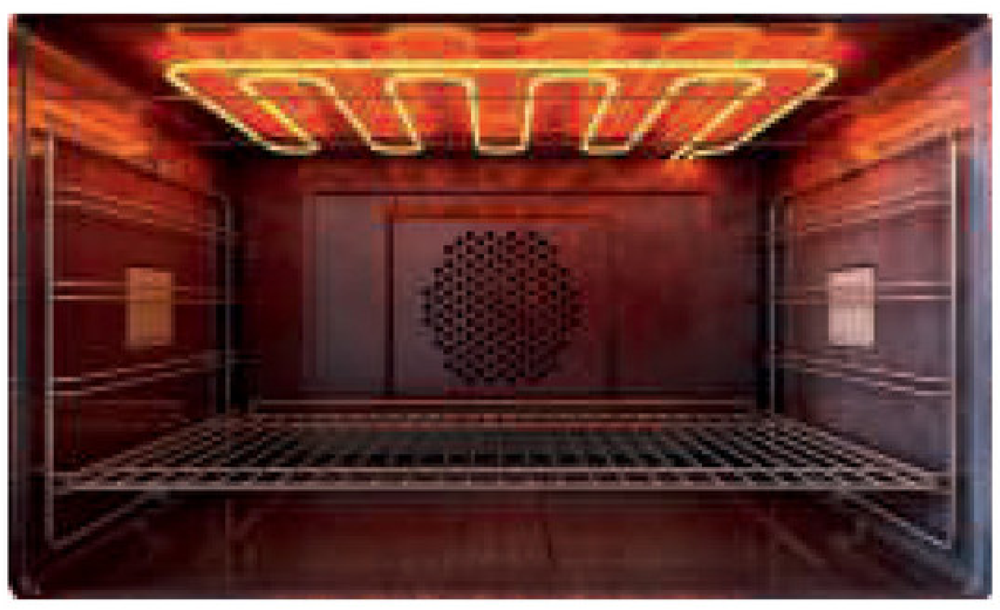
In hout en andere brandstoffen zit ook energie. Je noemt deze energie **chemische energie**. Chemische energie zit ook in voedsel. In je lichaam wordt deze energie gebruikt om warm te blijven. Ook wordt het voedsel omgezet in de energie die je nodig hebt om te bewegen of na te denken.

ELEKTRISCHE ENERGIE OMZETTEN

In een elektrische warmtebron zit een draad. Als er stroom door deze draad loopt, wordt de draad warm en gaat hij gloeien (figuur 3). De elektrische energie wordt dan omgezet in warmte. Je kunt deze **energie-omzetting** in een schema zetten:

elektrische energie → warmte

De pijl (→) betekent: ‘wordt omgezet in’.



figuur 3 De verwarmingsdraad in een oven.

BRANDSTOFFEN VERBRANDEN

Bij verbranding van een brandstof komt warmte vrij en ontstaan er nieuwe stoffen. Een voorbeeld is de verbranding van hout, waarbij as ontstaat. Alle brandstoffen bevatten chemische energie (figuur 4). Bij verbranding wordt de chemische energie omgezet in warmte. Je kunt deze energie-omzetting in een schema zetten:

chemische energie → warmte



figuur 4 Brandstoffen bevatten chemische energie die bij verbranding wordt omgezet in warmte. Vandaar de naam 'brandstoffen'.

5 Schrijf vier soorten energie op.

....

....

....

....

6 Schrijf in een schema de energie-omzetting van elektrische energie naar warmte.

.... → ....

7 Welke soort energie bevat een brandstof?

....

8 Schrijf in een schema de energie-omzetting van verbranding van een brandstof.

.... → ....

9 Bekijk de figuren 5 tot en met 7. In elke figuur zie je een voorbeeld van energie-omzetting.
Schrijf onder elke foto in een schema de energie-omzetting.



figuur 5 Een waterkoker.

.... →

....



figuur 6 Een strijkijzer.

.... →

....



figuur 7 Een brandende kaars.

.... →

....

BEWEGINGSENERGIE GEBRUIKEN

Elektrische apparaten werken op elektrische energie. Elektrische energie ontstaat niet zomaar. Die moet je opwekken. Hiervoor gebruik je andere soorten energie. Een voorbeeld is een dynamo. Door de beweging van het wieltje tegen een fietsband draait de dynamo rond en wordt elektrische energie opgewekt om een lampje te laten branden (figuur 8). Je kunt deze energie-omzetting in een schema zetten:

bewegingsenergie → elektrische energie



figuur 8 Een dynamo op een fiets.

10 Schrijf in een schema de energie-omzetting van bewegingsenergie naar elektrische energie.

.... → ....

11 Je rijdt op je fiets. Je trapt op de trappers en de fiets gaat vooruit.
Zet de energie-omzetting in een schema.

.... → ....

12 Een auto met benzinemotor rijdt over de snelweg. De verbranding van brandstof in de benzinemotor zorgt ervoor dat de wielen gaan draaien.
Zet de energie-omzetting in een schema.

.... → ....

13 De wind laat een windmolen draaien. De windmolen produceert elektriciteit.
Zet de energie-omzetting in een schema.

.... → ....

★ 14 De zon schijnt op een zonnepaneel. Het zonnepaneel produceert elektriciteit.
Zet de energie-omzetting in een schema.

.... → ....

ONTHOUD

Warmtebronnen geven warmte af. Ze werken op elektriciteit of op brandstof.

Er zijn verschillende soorten energie:

- bewegingsenergie;
- chemische energie;
- elektrische energie;
- licht;
- warmte.

Je spreekt van een energie-omzetting als de ene soort energie wordt omgezet in een andere soort energie.
Een energie-omzetting kun je weergeven in een schema.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Elektrische energie opwekken

LEERDOELEN

6.2.1 Je kunt beschrijven hoe een elektriciteitscentrale werkt.
6.2.2 Je kunt benoemen welke schadelijke gassen ontstaan bij verbranding van fossiele brandstoffen.
6.2.3 Je kunt uitleggen wat de gevolgen zijn voor het milieu als fossiele brandstoffen worden verbrand.
6.2.4 Je kunt beschrijven wat biomassa is.
6.2.5 Je kunt uitleggen wat duurzame energiebronnen zijn.
6.2.6 Je kunt drie manieren beschrijven waarop duurzame energie wordt opgewekt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	6.2.1	6.2.2	6.2.3	6.2.4	6.2.5	6.2.6	6.1.1*	6.1.3*	2.1.2**
Onthouden	4	5	6	9	8, 10, 11	16	14, 15, 18		
Begrijpen	1, 2, 3		7					12, 13, 20a	
Toepassen					19				20b
Analyseren						17			

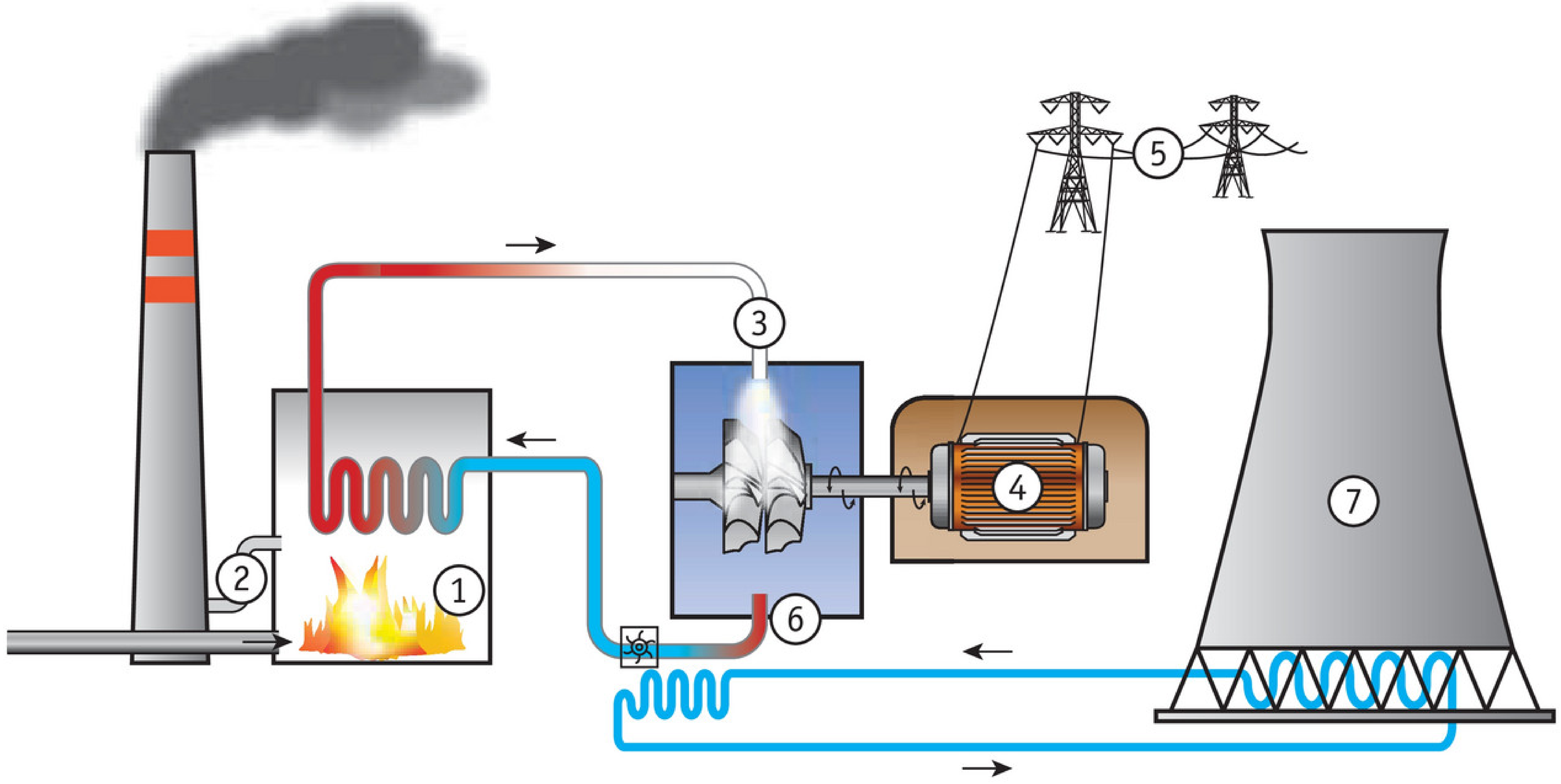
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.
** Dit leerdoel vind je in een eerder hoofdstuk.

Om elektrische energie te gebruiken, steek je een stekker in het stopcontact. Die elektrische energie is afkomstig van een elektriciteitscentrale.

ELEKTRICITEIT OPWEKKEN

In Nederland wordt de meeste elektrische energie opgewekt in elektriciteitscentrales. De werking van een elektriciteitscentrale kun je kort beschrijven in een aantal stappen, zie figuur 1.

1 In de **stoomketel** worden fossiele brandstoffen zoals steenkool, aardgas of aardolie verbrand. Met de warmte die hierbij vrijkomt, wordt het water in de buizen verwarmd. Door de warmte verandert het water in stoom.
2 De gassen die bij de verbranding vrijkomen, ontsnappen door de schoorsteen.
3 De stoom blaast met kracht tegen de schoepen van een **turbine**, die daardoor gaat draaien. De turbine is verbonden met een **generator**, een grote **dynamo**.
4 De generator gaat hierdoor ook draaien. De draaiende generator wekt elektrische energie op.
5 De opgewekte elektriciteit gaat naar hoogspanningskabels, waarna de elektriciteit verdeeld wordt voor woningen en bedrijven.
6 De stoom koelt na de turbine af en wordt weer water. Het afgekoelde water wordt terug naar de stoomketel gepompt.
7 De **koeltoren** helpt mee het water af te koelen.



figuur 1 Schema van een elektriciteitscentrale.

PROEF 1 ELEKTRISCHE ENERGIE UIT STOOM HALEN

30 minuten

Wat je nodig hebt

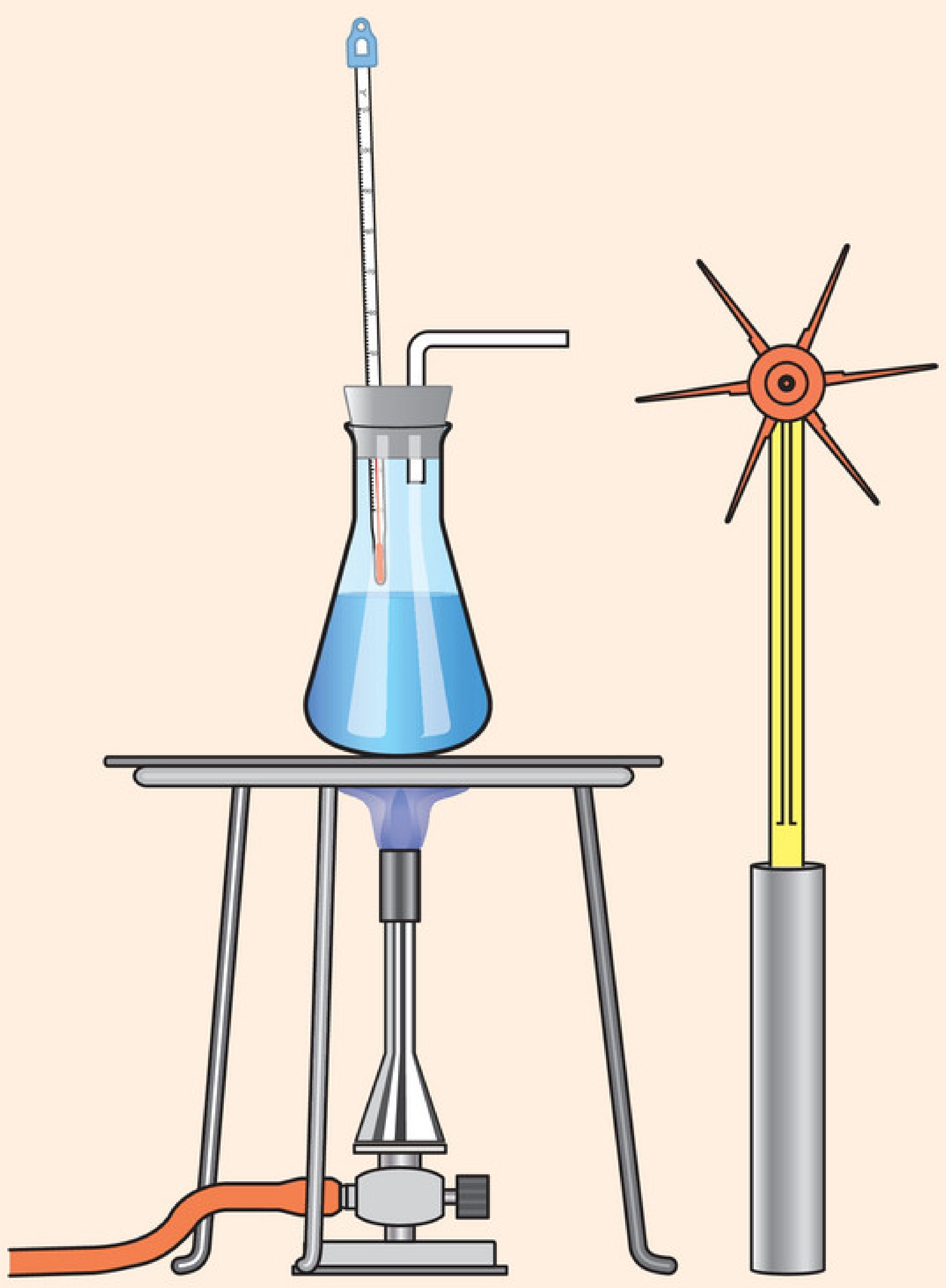
- ☐ brander
- ☐ doosje lucifers
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ erlenmeyer
- ☐ doorboorde stop met twee gaten
- ☐ gebogen buisje
- ☐ thermometer
- ☐ model van een turbine (schoepenrad)
- ☐ water

Uitvoering

- Vul de erlenmeyer voor de helft met water.
- Maak de opstelling van figuur 2.

Let op dat het buisje niet op iemand is gericht, want dat is gevaarlijk als er stoom uit komt. Het reservoir van de thermometer moet boven het water blijven.

- Steek de brander aan.
- Regel de juiste vlam om het water te verwarmen.
- Verwarm het water totdat het kookt.



figuur 2 De opstelling van proef 1.

1 Waaraan kun je zien dat het water kookt?

○ A Het water beweegt een klein beetje.
○ B Het water borrelt heftig.
○ C Het water dampt een klein beetje.
○ D Het water verkleurt.

2 Wat is de temperatuur van kokend water? ....

3 Wat komt er uit het gebogen buisje?

- ○ A kokend water
- ○ B lucht
- ○ C stoom
- ○ D waterdruppels

4 Lees op de thermometer de temperatuur van de stoom af.
Wat is de temperatuur van de stoom?

....

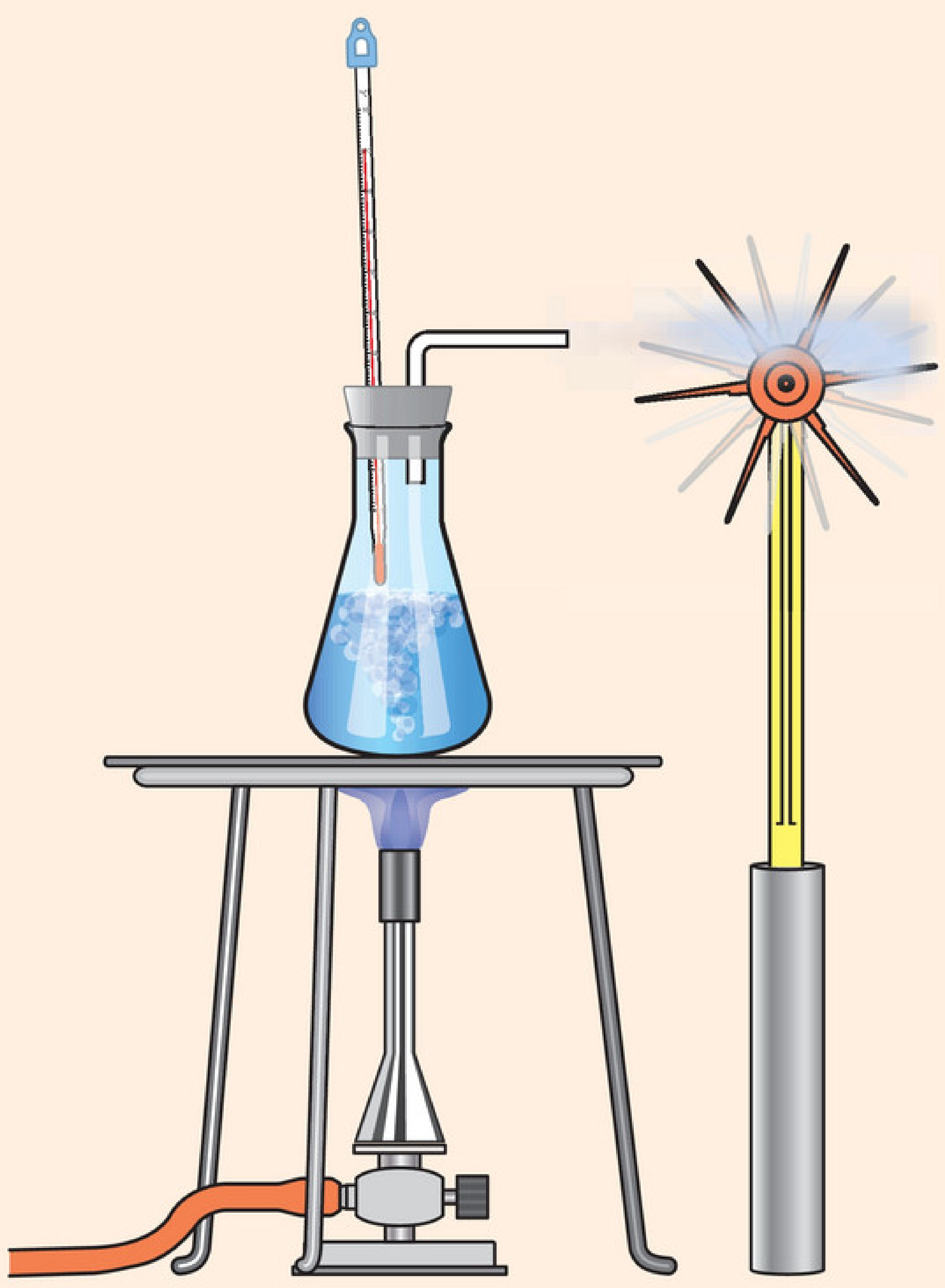
5 Waarom mag je het buisje niet op iemand richten?

....

....

....

- Zet het schoepenrad voor het buisje waar de stoom uit komt (figuur 3).



figuur 3 De opstelling met het schoepenrad.

6 Welke soorten energie heeft de stoom die uit het buisje komt?

....

7 De stoom uit het buisje laat het schoepenrad draaien. In een elektriciteitscentrale gebeurt dat ook.

Hoe heet het draaiende schoepenrad in een elektriciteitscentrale? een ....

8 Welk onderdeel moet je aan het schoepenrad in deze proef vastmaken om elektrische stroom op te wekken?

- ○ A dynamo
- ○ B transformator
- ○ C turbine

- Ruim alles netjes op.

1 Waar wordt fossiele brandstof omgezet in elektrische energie?

....

2 Een elektriciteitscentrale zet *CHEMISCHE ENERGIE / WARMTE* uit brandstof om in *BEWEGINGSENERGIE / ELEKTRISCHE ENERGIE*.

3 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *draaien – dynamo – elektrische energie – generator – stoom – turbine – verbranding – verdampt.*

Bij de .... van fossiele brandstoffen in de ketel van een elektriciteitscentrale ontstaat warmte. Met die warmte wordt water verwarmd totdat het .... Dan ontstaat .... Door een buis gaat de stoom naar een .... De turbine gaat door de stoom .... De draaiende turbine laat een .... draaien. Een generator is een grote .... Deze generator produceert ....

4 In een elektriciteitscentrale worden fossiele brandstoffen verbrand.
Schrijf drie fossiele brandstoffen op.

....

....

....

GEVOLGEN VOOR HET MILIEU

In elektriciteitscentrales wordt veel fossiele brandstof verbrand. Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komen rookgassen vrij. Sommige stoffen in rookgassen zijn schadelijk voor het milieu:

- **zwavelgas**;
- **stikstofgas**;
- **koolstofdioxide**.

Rookgassen bevatten ook waterdamp. Die is niet schadelijk voor het milieu.

Door zwavelgas en stikstofgas ontstaat zure regen. Daardoor kunnen bomen en planten afsterven en vissen in sloten en plassen doodgaan.

De uitstoot van koolstofdioxide draagt bij aan het **versterkte broeikaseffect**, waardoor het op aarde warmer wordt. Door de opwarming van de aarde smelt er veel ijs op de Zuidpool en op gletsjers. Hierdoor stijgt de zeespiegel en kunnen grote gebieden aan de kust onder water komen te staan. Ook delen van Nederland zouden onder water kunnen komen te staan.

PROEF 2 WATERDAMP EN KOOLSTOFDIOXIDE AANTONEN

20 minuten

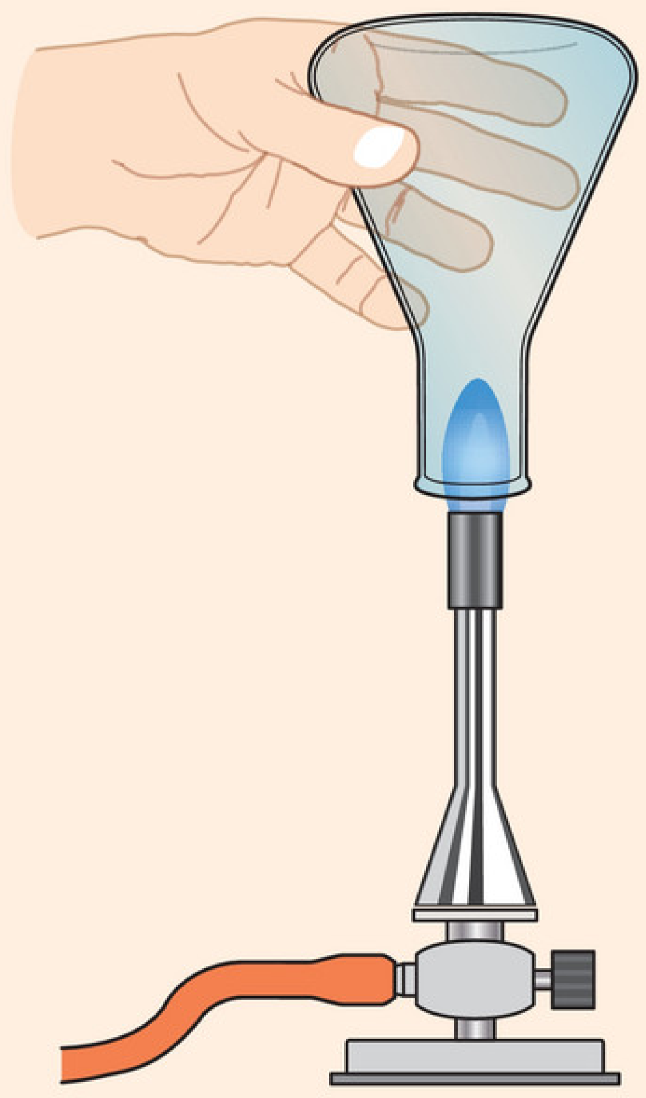
Wat je nodig hebt

- ☐ 2 droge erlenmeyers van 250 mL
- ☐ brander
- ☐ doosje lucifers
- ☐ rubber stop
- ☐ spatel
- ☐ reageerbuisrek
- ☐ reageerbuis half gevuld met helder kalkwater
- ☐ doosje lucifers
- ☐ potje wit kopersulfaat

Uitvoering

Als je wilt weten of koolstofdioxide aanwezig is, gebruik je kalkwater.
Helder kalkwater wordt troebel door koolstofdioxide.
Om te weten of er water aanwezig is, gebruik je wit kopersulfaat.
Wit kopersulfaat wordt blauw als er water bij komt.

- Steek de brander aan.
- Stel de brander in op een kleine, stille blauwe vlam.
- Pak een erlenmeyer.
- Houd de erlenmeyer met de opening naar beneden boven de vlam (figuur 4).
- Wacht tot de erlenmeyer aan de binnenkant beslagen is.
- Maak de brander uit.
- Draai de erlenmeyer om.
- Je ziet in de erlenmeyer kleine druppeltjes zitten.
- Doe een spatelpunt wit kopersulfaat in de erlenmeyer.
- Beweeg de erlenmeyer, zodat het kopersulfaat vochtig wordt.



figuur 4 Zo houd je de erlenmeyer boven de brander.

1 Wat gebeurt er met het kopersulfaat?
- ○ A Het blijft wit.
- ○ B Het lost op.
- ○ C Het wordt blauw.
- ○ D Het wordt rood.

2 Welke vloeistof zit er in de erlenmeyer? ....

3 Hoe is deze stof ontstaan?

....

- Bekijk het kalkwater in de reageerbuis.

4 Hoe ziet het kalkwater eruit?
- ○ A blauw en helder
- ○ B helder en kleurloos
- ○ C rood en helder
- ○ D troebel en wit

- Steek de brander weer aan.
- Stel de brander in op een kleine, stille blauwe vlam.
- Pak de andere erlenmeyer.
- Houd de erlenmeyer 10 seconden boven de brander (figuur 4).
- Draai de erlenmeyer om en schenk meteen het kalkwater in de erlenmeyer.
- Doe snel de rubber stop op de erlenmeyer.
- Schud de erlenmeyer met het kalkwater tot je een verandering ziet.
- Kijk naar het kalkwater.

5 Hoe ziet het kalkwater er nu uit?
Het kalkwater is na het schudden *WEL* / *NIET* helder.
Het kalkwater is na het schudden *WEL* / *NIET* wit gekleurd.

6 Door welke stof wordt helder kalkwater troebel en wit? ....

7 Welke twee stoffen zitten in de verbrandingsgassen van aardgas, als het volledig verbrandt?

....

Conclusie

8 Bij verbranding van aardgas ontstaan de gassen ....

en ....

- Ruim alles netjes op.

5 Welke drie schadelijke stoffen zitten in rookgassen die uit de schoorsteen van een elektriciteitscentrale komen?

....

....

....

6 Welk gas draagt bij aan het versterkte broeikaseffect?
- ○ A koolstofdioxide
- ○ B stikstofgas
- ○ C zwavelgas

7 Door het versterkte broeikaseffect wordt het op aarde *KOUDER* / *WARMER*.
Hierdoor *BEVRIEST* / *SMELT* er *MEER* / *MINDER* ijs op de Zuidpool en op gletsjers.
Hierdoor *DAALT* / *STIJGT* de zeespiegel.

DUURZAME ENERGIEBRONNEN

Sommige elektriciteitscentrales mengen fossiele brandstof met **biomassa**.
Biomassa is afval van planten en mest van dieren.

Biomassa is een voorbeeld van een **duurzame energiebron**. Een duurzame energiebron raakt niet op en is minder schadelijk voor het milieu. Andere voorbeelden van duurzame energiebronnen zijn wind, zon en water. Elektrische energie die met duurzame energiebronnen is opgewekt, noem je **groene stroom**.

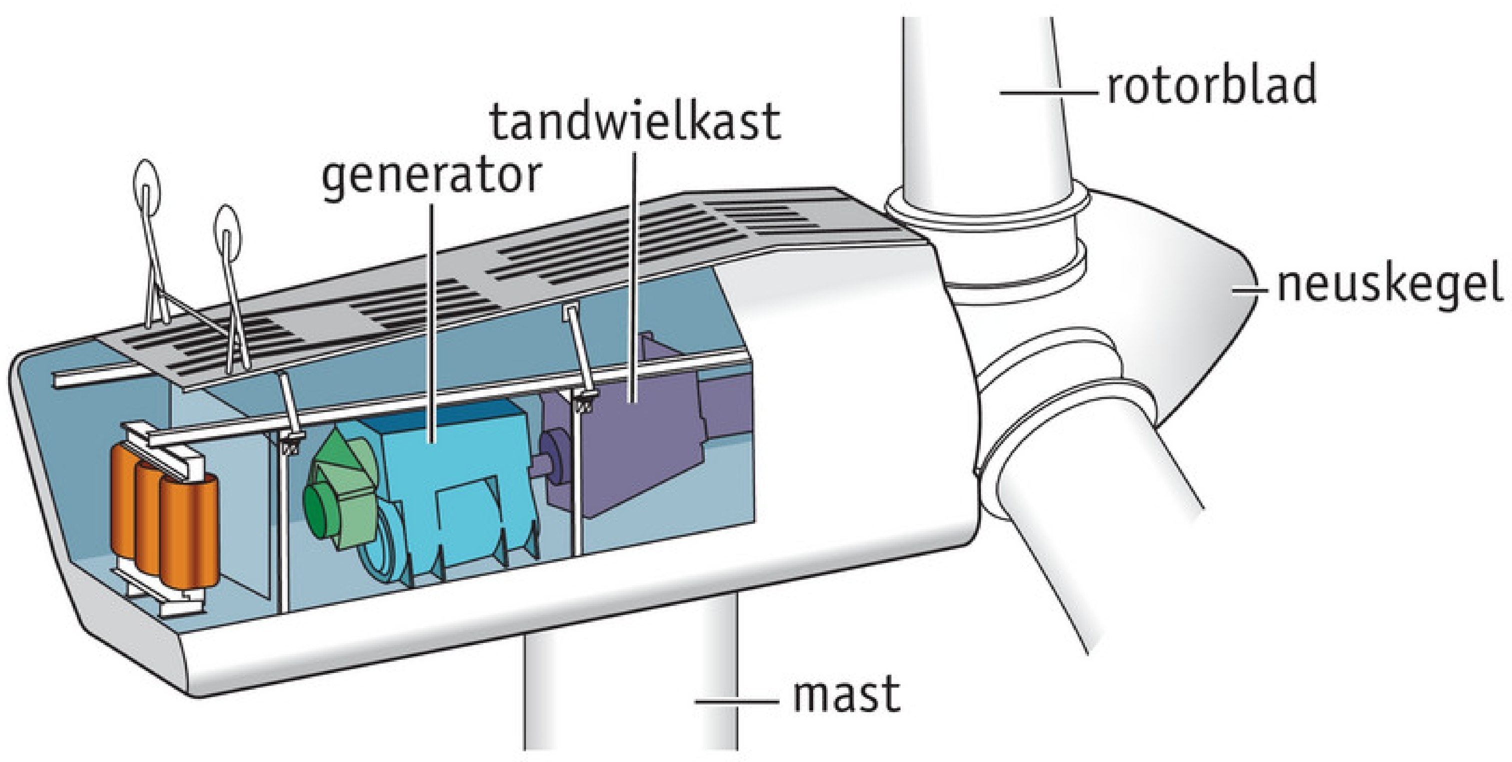
WINDTURBINES

Met windmolens kun je elektrische energie maken. De technische naam voor een windmolen is **windturbine** (figuur 5a).
Een windturbine gebruikt bewegingsenergie van de wind. De wind laat de rotorbladen draaien. De bewegingsenergie wordt in de generator omgezet in elektrische energie (figuur 5b). Je hoeft dus geen brandstof te verbranden om een windturbine te laten draaien.

figuur 5 Windturbines.



ⓐ windturbines op zee



ⓑ Zo werkt een windturbine.

ZONNEPANELEN

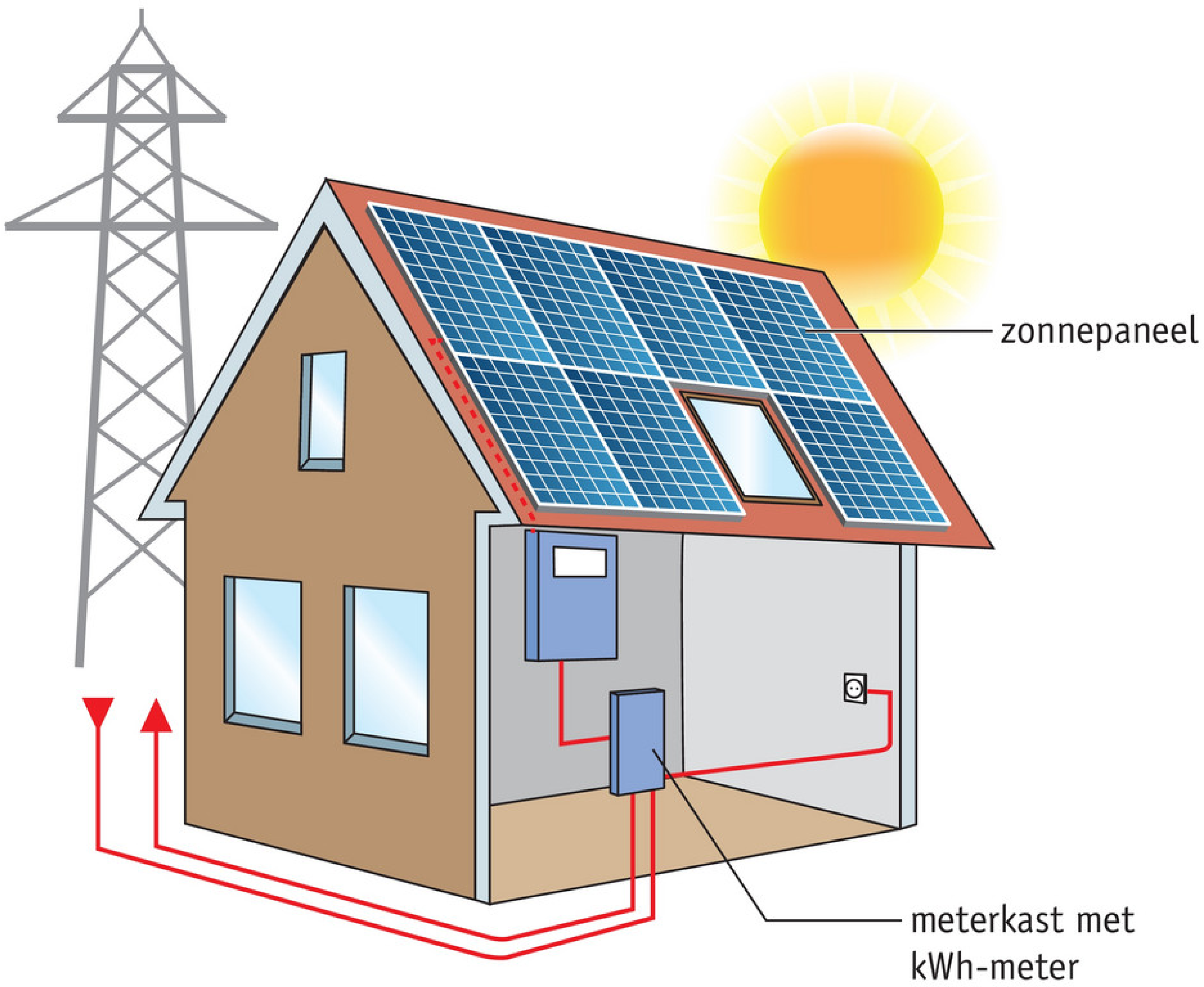
Een andere soort duurzame energie is **zonne-energie**. De zon straalt warmte en licht naar de aarde. Warmte en licht zijn soorten energie. De energie van de zon wordt bijvoorbeeld gebruikt in **zonnepanelen**.

Op steeds meer daken zie je zonnepanelen liggen (figuur 6a). Zonnepanelen zetten licht van de zon om in elektrische energie (figuur 6b).

figuur 6 Zonnepanelen.



(a) zonnepanelen op een woonhuis



(b) Zonnepanelen zetten zonlicht om in elektrische energie.

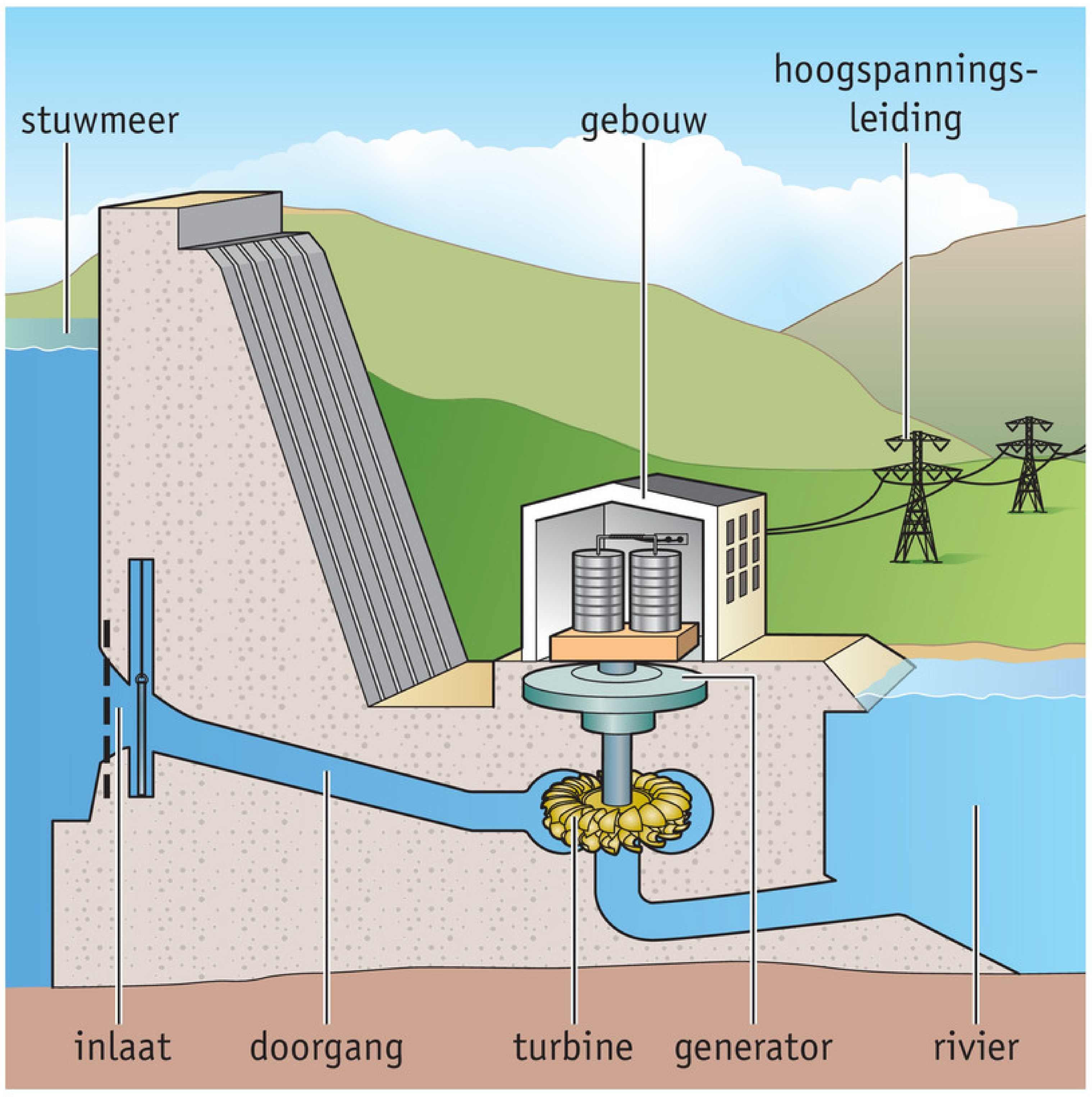
WATERKRACHTCENTRALE

Stromend water heeft bewegingsenergie. In een **waterkrachtcentrale** wordt bewegingsenergie van water omgezet in elektrische energie. Dat gebeurt in een grote dam (figuur 7a).

figuur 7 Waterkrachtcentrale.



(a) waterkrachtcentrale bij een dam



(b) Zo werkt een waterkrachtcentrale.

De dam houdt het water tegen. Aan de ene kant staat het water hoog. Aan de andere kant staat het water laag. Het water stroomt door een tunnel in de dam naar beneden. In de tunnel zit een turbine (figuur 7b). Door het stromende water gaat de turbine draaien.

De turbine drijft een generator aan. De generator zet de bewegingsenergie van het water om in elektrische energie.

8 Schrijf twee voordelen op van een duurzame energiebron.

- Een duurzame energiebron ....
- Een duurzame energiebron ....

9 Biomassa is *WEL* / *NIET* een voorbeeld van een duurzame energiebron.

10 Met wind, water en zon kun je elektrische energie opwekken.
Hoe noem je deze energiebronnen?

....

11 Wat wordt bedoeld met groene stroom?

....

....

....

12 Maak het schema van de energie-omzetting in een windturbine af.

bewegingsenergie (wind) → ....

13 Schrijf het schema van de energie-omzetting in een waterkrachtcentrale op.

.... → ....

14 Welke soort energie wordt door een windturbine opgewekt? ....

15 Stromend water heeft *WEL* / *GEEN* bewegingsenergie.

16 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *dam – draaien – generator – hoog – laag – tegen – tunnel – turbine – waterkrachtcentrale.*
Bewegingsenergie van water wordt omgezet in elektrische energie in een

.... Een grote .... houdt

het water .... Van de kant waar het water

.... staat, stroomt het water door een

.... naar een ....

Aan de andere kant van de tunnel staat het water ....

Door het stromende water gaat de turbine ....

De turbine drijft een .... aan.

★ 17 Welk nadeel heeft een waterkrachtcentrale?

....

....

....

....

....

18 Welke twee soorten energie komen van de zon?

....

19 Zijn de volgende zeven energiebronnen wel of niet duurzaam?

aardgas *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*
aardolie *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*
biomassa *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*
steenkool *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*
waterkracht *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*
windenergie *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*
zonne-energie *WEL DUURZAAM / NIET DUURZAAM*

Werken als installateur van zonnepanelen — beroep

Marcello en Roelof zijn bezig met het plaatsen van zonnepanelen. De panelen kunnen gemakkelijk breken. Daarom moeten Marcello en Roelof precies kunnen werken. Ook mogen ze geen hoogtevrees hebben. Ze moeten op een dak durven en daar kunnen werken.



Marcello en Roelof moeten ook veel weten van elektriciteit. Alle draden moeten juist zijn aangesloten. Doen ze dat niet goed, dan kan er kortsluiting en daardoor brand ontstaan.

Marcello: "Het werk is leuk. Je hebt veel vrijheid en je kunt lekker altijd buiten werken. Als ik 's morgens opsta en het regent, dan ben ik niet zo blij."

20 Lees de tekst 'Werken als installateur van zonnepanelen'.

a Schrijf het schema van de energie-omzetting in een zonnepaneel op.

.... → ....

b In de tekst staat dat zonnepanelen gemakkelijk kunnen breken.
Van welk materiaal zou de buitenkant van de zonnepanelen zijn gemaakt?

van ....

ONTHOUD

In een elektriciteitscentrale wordt elektrische energie opgewekt.

Werking van een elektriciteitscentrale:

- Verbranding van brandstoffen in de stoomketel.
- Door de warmte verandert water in de buizen in stoom. De stoom blaast tegen schoepen van de turbine die verbonden is met de generator.
- De generator draait en wekt elektrische energie op.
- De elektrische energie gaat via hoogspanningskabels uiteindelijk naar woningen en bedrijven.
- De stoom koelt af en wordt weer water. Dit water wordt terug naar de stoomketel gepompt. Een koeltoren helpt mee het water af te koelen.

In een elektriciteitscentrale ontstaan bij de verbranding van fossiele brandstoffen rookgassen met schadelijke stoffen. Voorbeelden hiervan zijn: zwavelgassen, stikstofgassen en koolstofdioxide.
Door zwavelgassen en stikstofgassen ontstaat zure regen.
De uitstoot van koolstofdioxide draagt bij aan het versterkte broeikaseffect, waardoor het warmer wordt op aarde.

Duurzame energiebronnen raken niet op en zijn minder schadelijk voor het milieu.
Voorbeelden van duurzame energiebronnen zijn: biomassa, wind, zon en water.
Elektrische energie die is opgewekt met duurzame energiebronnen heet groene stroom.

Biomassa is afval van planten en mest van dieren. Biomassa wordt gebruikt als brandstof.
Een windturbine zet windenergie om in elektrische energie.
Een zonnepaneel zet zonlicht om in elektrische energie.
Een waterkrachtcentrale zet bewegingsenergie uit water om in elektrische energie.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Temperatuur

LEERDOELEN

6.3.1 Je kunt de onderdelen van een vloeistofthermometer benoemen.
6.3.2 Je kunt beschrijven hoe je een thermometer met een Celsiusschaal ijkt.
6.3.3 Je kunt de werking van drie verschillende soorten thermometers beschrijven.
6.3.4 Je kunt beschrijven wat het absolute nulpunt en de kelvinschaal zijn.
6.3.5 Je kunt de temperatuur in graden Celsius en de temperatuur in kelvin naar elkaar omrekenen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	6.3.1	6.3.2	6.3.3	6.3.4	6.3.5
Onthouden	1	4	2, 3, 5	8, 10	
Begrijpen		6		9, 12	13
Toepassen			7a		11, 14
Analyseren			7b		

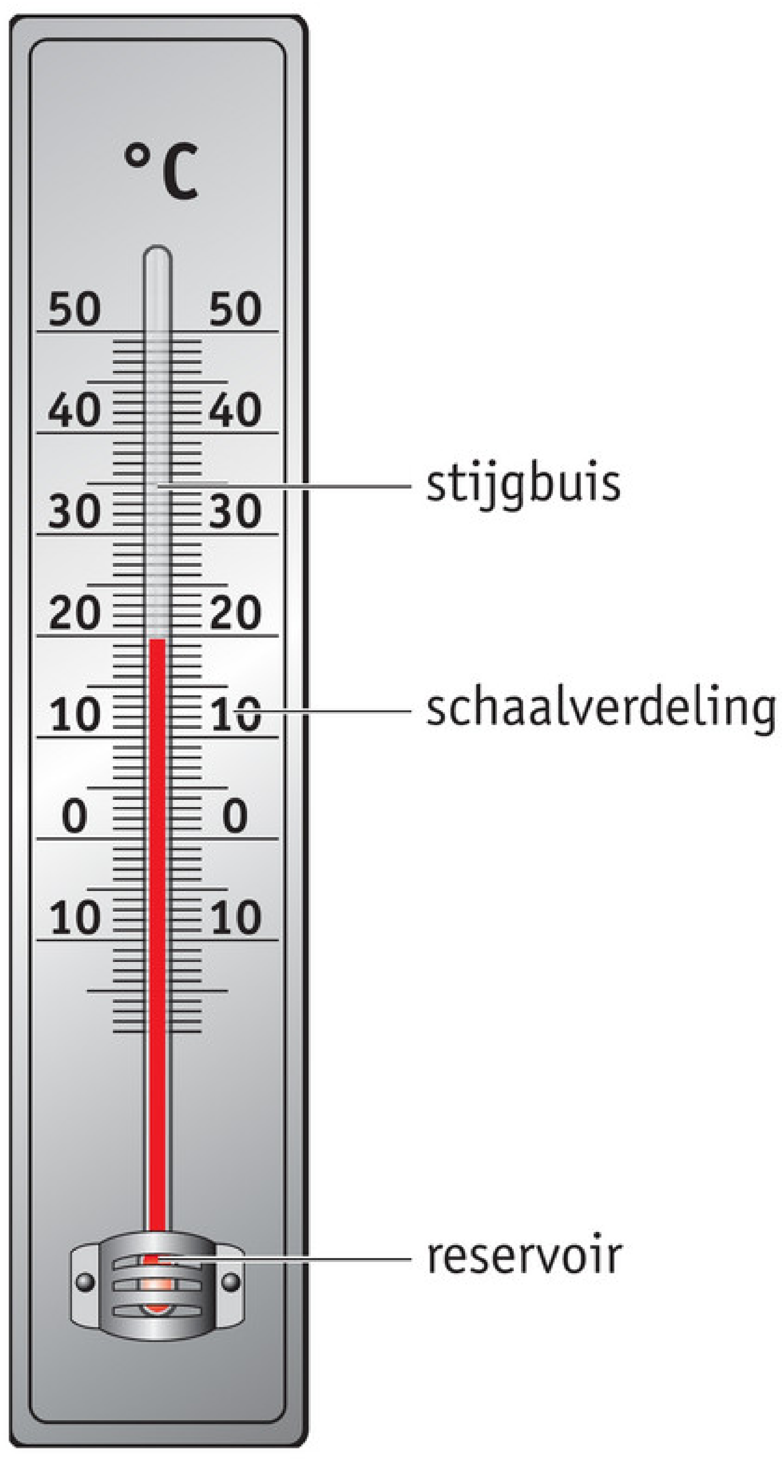
Met een thermometer kun je meten hoe hoog de temperatuur is. Er zijn verschillende soorten thermometers.

SOORTEN THERMOMETERS

In veel situaties is het belangrijk om te weten hoe hoog de temperatuur is. Een bakker bakt zijn brood bij 200 °C, je lichaamstemperatuur is ongeveer 36,5 °C en een diepvries stel je in op −18 °C. Voor het meten van de temperatuur gebruik je een **thermometer**. Er zijn verschillende soorten thermometers.

In figuur 1 zie je een **vloeistofthermometer**. Zo'n thermometer bestaat uit een **reservoir** en een **stijgbuis**. Langs de stijgbuis is een **schaalverdeling** aangebracht. Het reservoir en een deel van de stijgbuis zijn gevuld met een vloeistof, meestal alcohol met een kleurstof.

Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof uit en stijgt het vloeistofniveau in de buis. Als de temperatuur daalt, krimpt de vloeistof weer en daalt het vloeistofniveau. Omdat de stijgbuis erg nauw is, zie je de vloeistof al stijgen of dalen bij kleine temperatuurverschillen.



figuur 1 Vloeistofthermometer.

CELSIUSSCHAAL

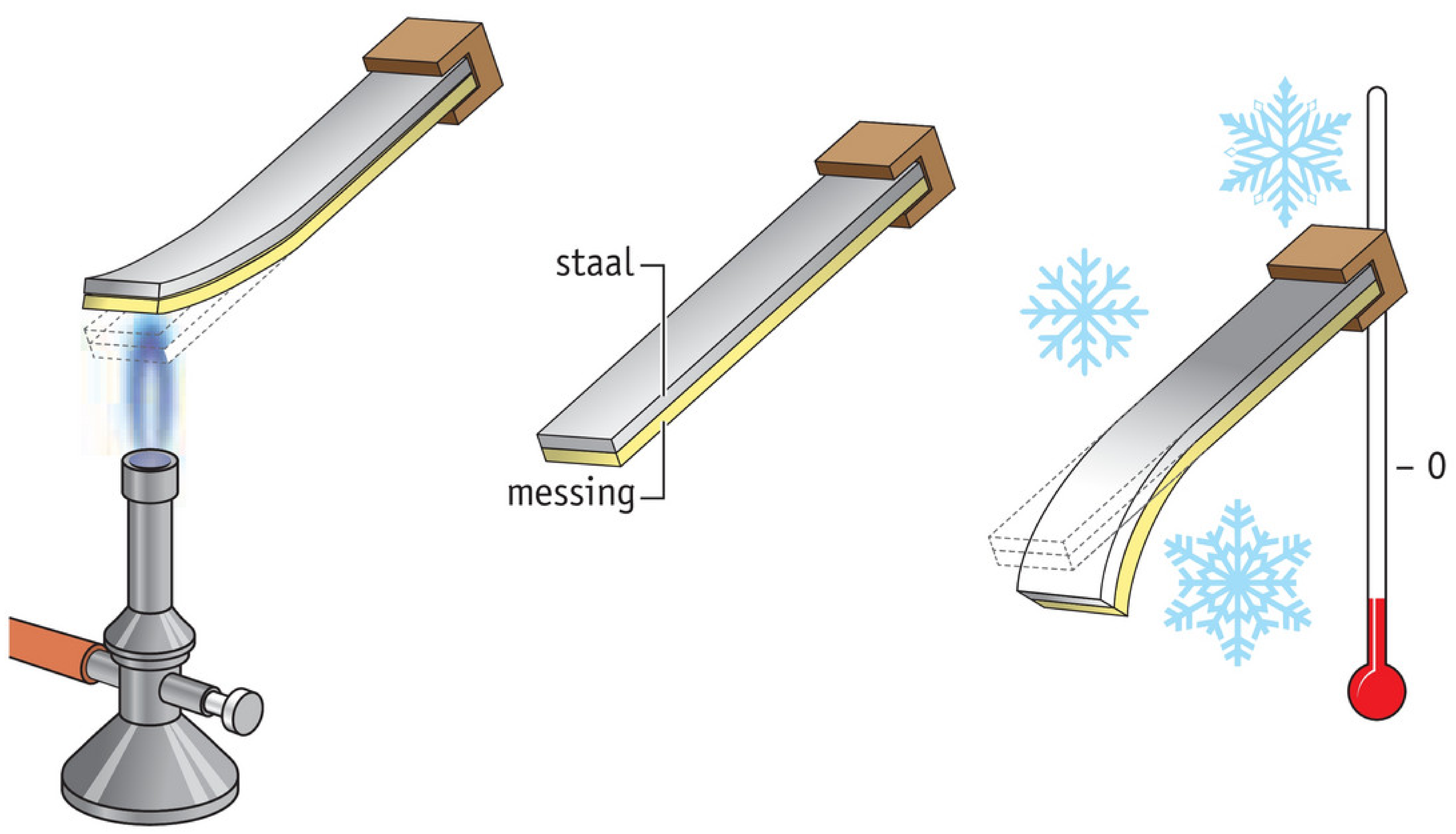
De **Celsiusschaal** is de schaalverdeling van een thermometer in graden Celsius. Het is belangrijk dat de schaalverdeling van de thermometer juist is. Hiervoor ijk je een thermometer.

- Bij het ijken zet je eerst twee streepjes: één bij het smeltpunt van ijs (0 °C) en één bij het kookpunt van water (100 °C).
- Hierna verdeel je de afstand tussen de beide streepjes in honderd gelijke delen.
- Daarna kun je de schaalverdeling nog uitbreiden tot onder 0 °C en boven 100 °C, steeds met even grote tussenruimtes.

ANDERE SOORTEN THERMOMETERS

Een vloeistofthermometer werkt met een vloeistof die uitzet en inkrimpt. Er zijn ook thermometers die werken met een **bimetaal**. Een bimetaal bestaat uit twee strips van verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn verbonden.

Als de temperatuur stijgt, zet de ene strip sterker uit dan de andere. Hierdoor trekt het bimetaal krom (figuur 2). Het metaal dat het meest uitzet, vormt de 'buitenbocht'. Als de temperatuur daalt, trekt het bimetaal ook krom, maar dan in tegenovergestelde richting. Zo kan het bimetaal een wijzer in beweging brengen die langs een schaalverdeling beweegt.



figuur 2 Het bimetaal trekt krom als de temperatuur stijgt (links) of daalt (rechts).

In figuur 3 zie je nog een derde meetinstrument waarmee je de temperatuur kunt meten. Dit is een **elektronische thermometer**. Zo'n thermometer bevat een schakeling en een sensor die reageert op veranderingen van temperatuur. Hiermee wordt de temperatuur bepaald en weergegeven op een display.



figuur 3 Een elektronische thermometer geeft in juli 2019 een nieuw temperatuurrecord aan voor Nederland.

PROEF 1 EEN BIMETAAL VERHITTEN

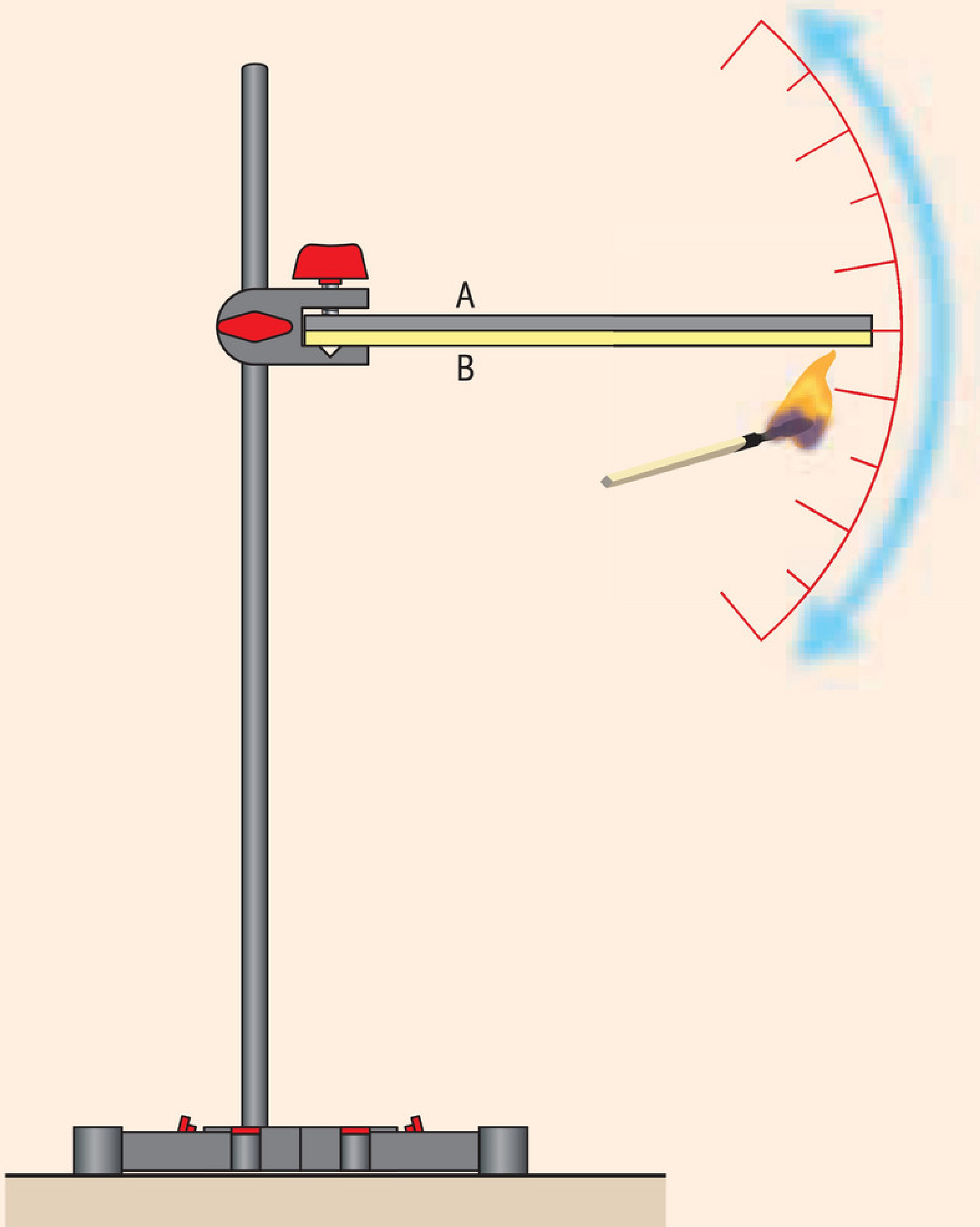
15 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ bimetaal
- ☐ statief
- ☐ statiefklem
- ☐ lucifers

Uitvoering

- Klem het bimetaal vast zoals in figuur 4 is aangegeven.
  Je leraar vertelt je welke kant boven moet.
- Verhit het bimetaal met het vlammetje van een lucifer.



figuur 4 De opstelling van proef 1.

1 Geef in figuur 4 aan hoe het bimetaal kromtrekt.

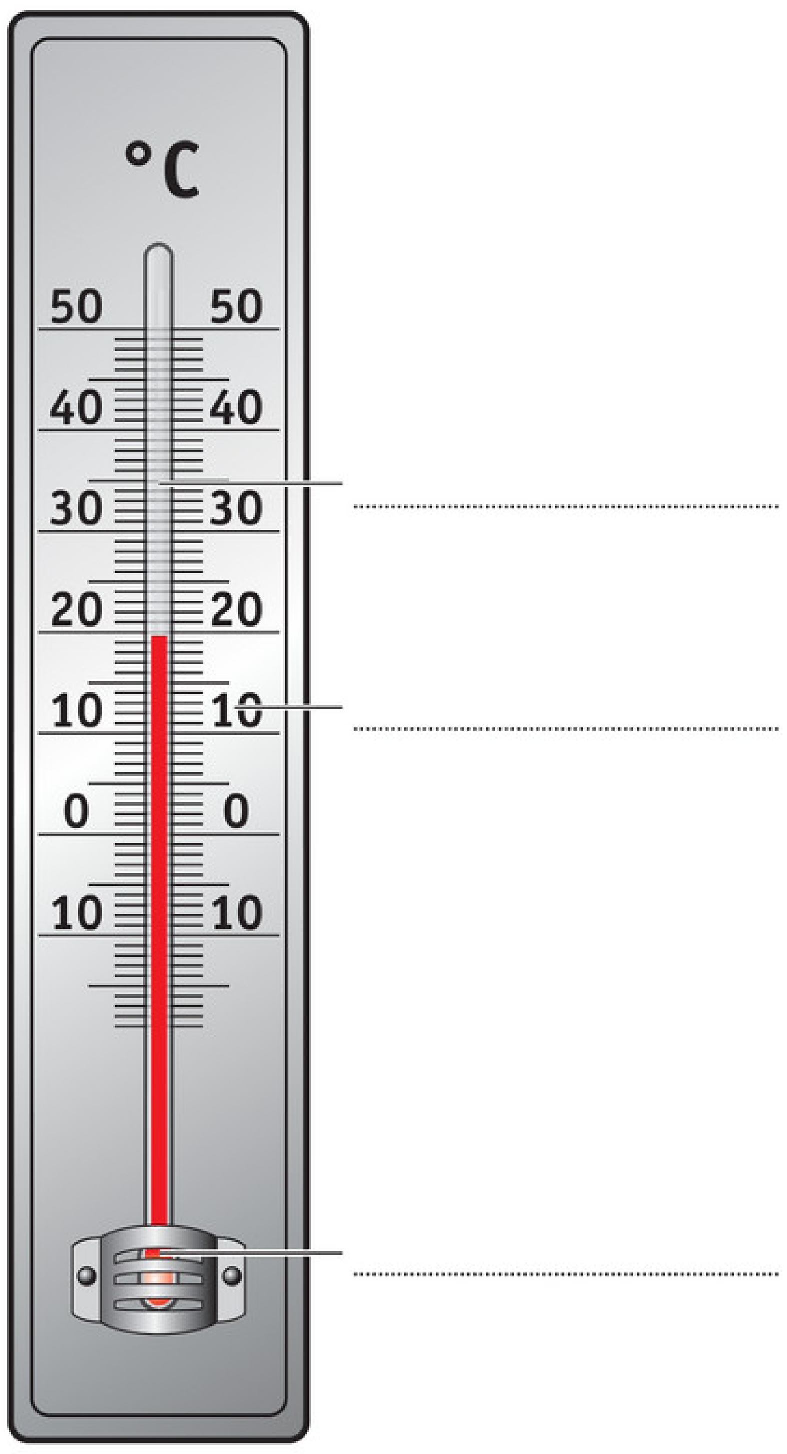
2 Welk metaal zet bij het verwarmen het meest uit?
- ○ A metaal A
- ○ B metaal B

3 Welk metaal zal het sterkst krimpen als het afkoelt?
- ○ A metaal A
- ○ B metaal B

4 In figuur 4 is achter het bimetaal een schaalverdeling getekend. Zo kun je het bimetaal gebruiken als thermometer.
Zet de woorden ‘heet’ en ‘koud’ op de juiste plaats naast de schaalverdeling.

- Ruim alles netjes op.

1 In figuur 5 zie je een vloeistofthermometer.
Zet de juiste naam bij elk onderdeel van de thermometer.



figuur 5 Vloeistofthermometer.

2 Wat gebeurt er als de temperatuur in een vloeistofthermometer stijgt?

- ○ A De vloeistof krimpt en het vloeistofniveau in de stijgbuis daalt.
- ○ B De vloeistof krimpt en het vloeistofniveau in de stijgbuis stijgt.
- ○ C De vloeistof zet uit en het vloeistofniveau in de stijgbuis daalt.
- ○ D De vloeistof zet uit en het vloeistofniveau in de stijgbuis stijgt.

3 Je ziet de vloeistof in de stijgbuis al stijgen of dalen bij heel kleine verschillen.
Hoe komt dat?

- ○ A De stijgbuis is erg nauw.
- ○ B De stijgbuis is erg wijd.
- ○ C De stijgbuis zet langzaam uit.
- ○ D De stijgbuis zet snel uit.

4 Als je een thermometer ijkt volgens de Celsiusschaal, zet je als eerste twee streepjes.

Bij het eerste streepje zet je een nul. Dit is het .... van ijs.

Het tweede streepje zet je bij honderd. Dit is het .... van water.

5 Welke twee zinnen over een bimetaal zijn waar?

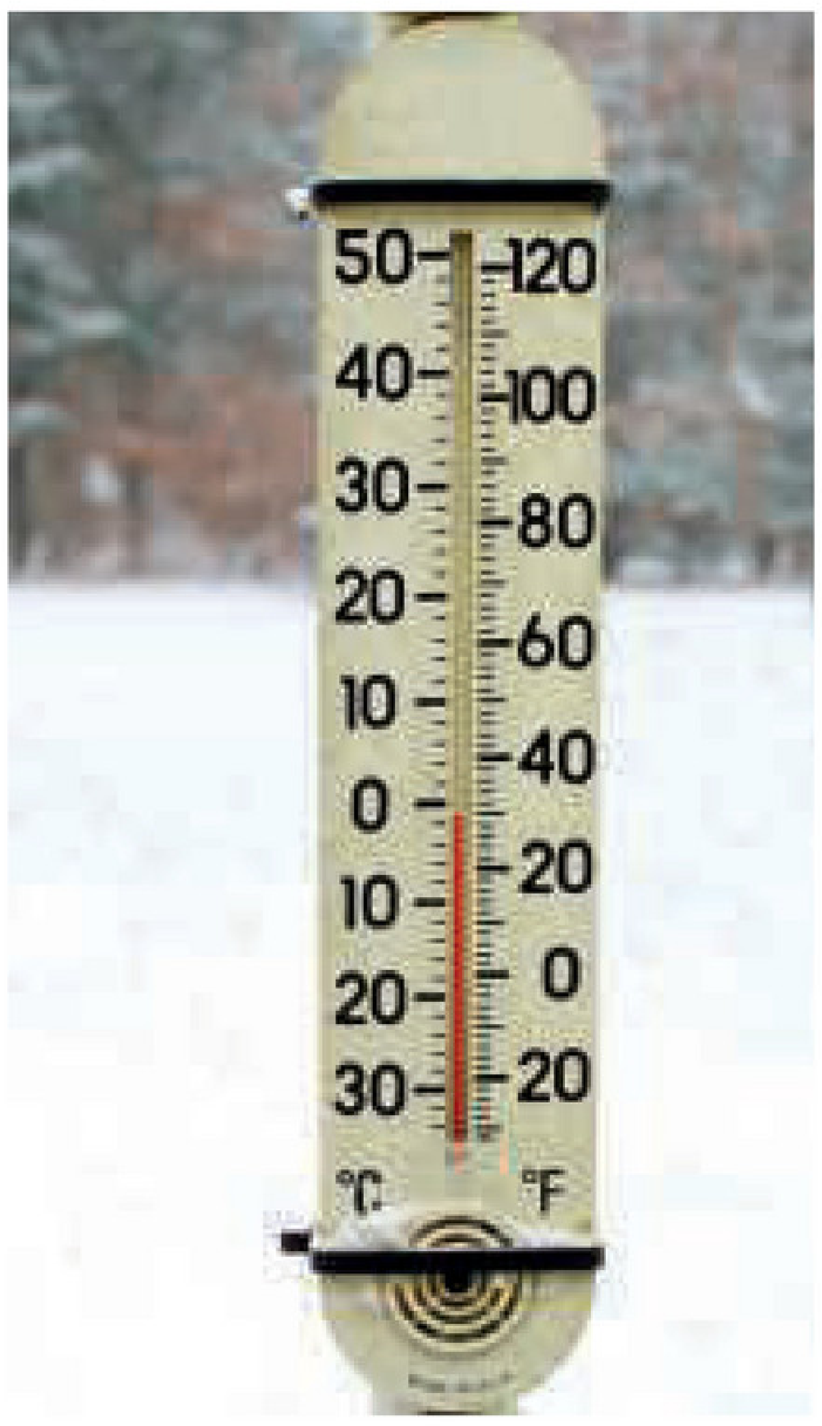
- ☐ A Een bimetaal bestaat uit twee strips van verschillende metalen die ongelijk kromtrekken.
- ☐ B Als een bimetaal een hogere temperatuur krijgt, vormt het metaal dat het meest uitzet de buitenbocht.
- ☐ C Een bimetaal kan maar één kant op kromtrekken.

6 In figuur 6 zie je foto's van twee verschillende thermometers.
Welke temperatuur geven de thermometers aan?

thermometer a: .... °C

thermometer b: .... °C

figuur 6 Twee verschillende thermometers.



a een weerthermometer



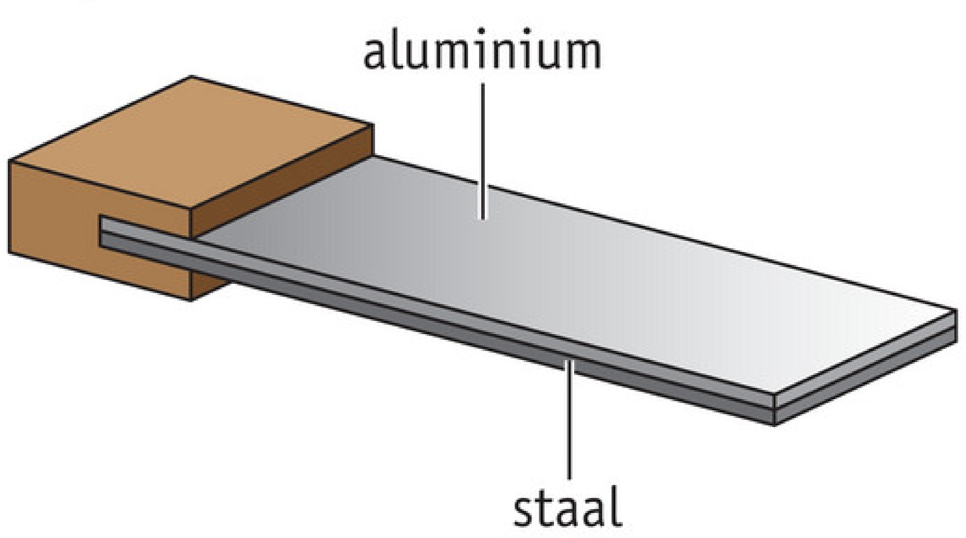
b een vloeistofthermometer

★ 7 Het bimetaal in figuur 7 is gemaakt van aluminium en staal. Aluminium zet tweemaal zoveel uit als staal.

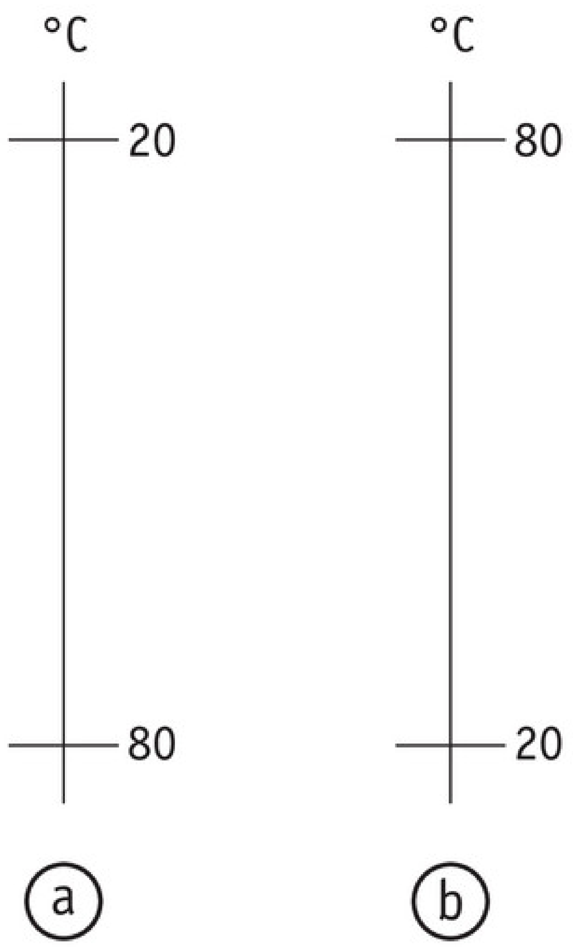
a In welke richting zal het bimetaal kromtrekken als je het verhit met een brander?
- ○ A naar beneden
- ○ B naar boven

b Zie figuur 8. Welke schaalverdeling zou je bij een thermometer met dit bimetaal moeten gebruiken?
- ○ A schaalverdeling a
- ○ B schaalverdeling b

figuur 7 Een bimetaal.



figuur 8 Twee schaalverdelingen.



KELVIN

Vaak wordt de temperatuur gemeten in graden Celsius. Bij natuurkunde wordt nog een andere eenheid voor temperatuur gebruikt. Die eenheid is **kelvin**. De afkorting van kelvin is K.

De schaal van een thermometer in kelvin lijkt veel op de schaal in graden Celsius. De afstand tussen de graden is precies even groot. Alleen de getallen zijn anders (figuur 9). Bij graden Celsius is nul de temperatuur van smeltend ijs. Bij kelvin is nul de allerlaagste temperatuur die mogelijk is. Dat is −273 °C.

Lager dan −273 °C of 0 K wordt de temperatuur dus nooit. Deze temperatuur heet daarom het **absolute nulpunt**.

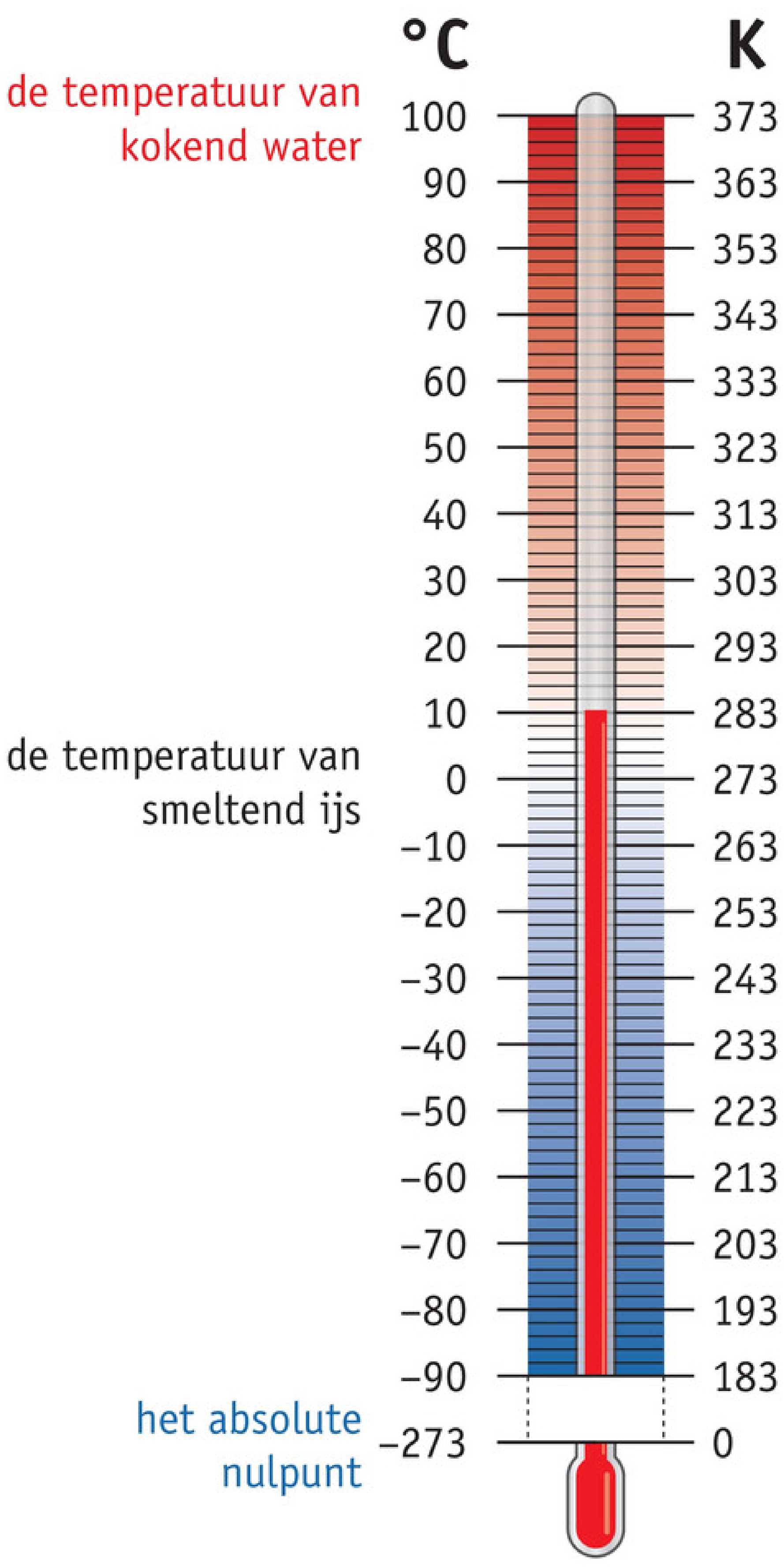
Er geldt:
0 K = −273 °C
273 K = 0 °C

Je kunt de temperaturen naar elkaar omrekenen. Om de temperatuur van graden Celsius om te rekenen naar kelvin gebruik je de formule:

temperatuur in kelvin = temperatuur in graden Celsius + 273

Om van kelvin naar graden Celsius te rekenen, gebruik je de formule:

temperatuur in graden Celsius = temperatuur in kelvin − 273



figuur 9 De getallen bij kelvin zijn anders dan bij graden Celsius.

VOORBEELDOPDRACHT 1

In BINAS tabel 7 *Gegevens van enkele vloeistoffen* staat dat het kookpunt van kwik 357 °C is.
Hoeveel kelvin is dat?

gegevens temperatuur in graden Celsius = 357 °C

gevraagd temperatuur in kelvin = ?

uitwerking temperatuur in kelvin
= temperatuur in graden Celsius + 273
temperatuur in kelvin = 357 + 273 = 630 K

Het kookpunt van kwik is 630 K.

8 Bij welke temperatuur ligt het absolute nulpunt?
- ○ A −89 °C
- ○ B −189 °C
- ○ C −273 °C
- ○ D −373 °C

9 De laagste temperatuur die mogelijk is, is *WEL* / *NIET* 0 °C.

10 De afstand tussen de graden in de kelvinschaal is *EVEN GROOT ALS* / *GROTER DAN* / *KLEINER DAN* de afstand tussen de graden in de schaal van Celsius.

11 Reken om.

100 K = ... °C   −210 °C = ... K

210 K = ... °C   −20 °C = ... K

300 K = ... °C   8 °C = ... K

473 K = ... °C   273 °C = ... K

12 Waarom is een temperatuur van −300 °C niet mogelijk?

....

....

....

13 In tabel 1 staan in de eerste kolom zes metalen.
Schrijf in de tweede kolom het smeltpunt van elk metaal in graden Celsius.
Gebruik *BINAS* tabel 13 *Gegevens van enkele vaste stoffen*.
Bereken dan het smeltpunt in kelvin en schrijf dat in de derde kolom.

tabel 1 Verschillende metalen.

metaal	smeltpunt in °C	smeltpunt in K
aluminium		
goud		
koper		
lood		
magnesium		
nikkel		

★ 14 In tabel 2 staat in de eerste kolom het smeltpunt van enkele vloeistoffen.
Bereken het smeltpunt in kelvin en schrijf dat in de tweede kolom.
Schrijf in de derde kolom de vloeistof die dat smeltpunt heeft.
Gebruik *BINAS* tabel 14 *Gegevens van enkele vloeistoffen*.
Bereken dan het kookpunt van de vloeistof in kelvin en schrijf dat in de vierde kolom.

tabel 2 Verschillende vloeistoffen.

smeltpunt in °C	smeltpunt in K	vloeistof	kookpunt in K
−114			
−90			
−70			
−3			
0			
11			

ONTHOUD

Er zijn verschillende soorten thermometers.

- Een vloeistofthermometer heeft een reservoir, een stijgbuis en een schaalverdeling.
- Sommige thermometers werken met een bimetaal. Een bimetaal bestaat uit twee strips van verschillende metalen.
- In een elektronische thermometer zit een sensor die reageert op veranderingen in temperatuur.

De Celsiusschaal is de schaalverdeling van een thermometer in graden Celsius.

Temperatuur meet je in graden Celsius of in kelvin.
Het absolute nulpunt is de laagste temperatuur die mogelijk is.
Deze is 0 K of −273 °C.

Om de temperatuur om te rekenen van graden Celsius naar kelvin gebruik je de formule:
temperatuur in kelvin = temperatuur in graden Celsius + 273

Om van kelvin naar graden Celsius te rekenen, gebruik je de formule:
temperatuur in graden Celsius = temperatuur in kelvin − 273

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Temperatuur en moleculen

LEERDOELEN

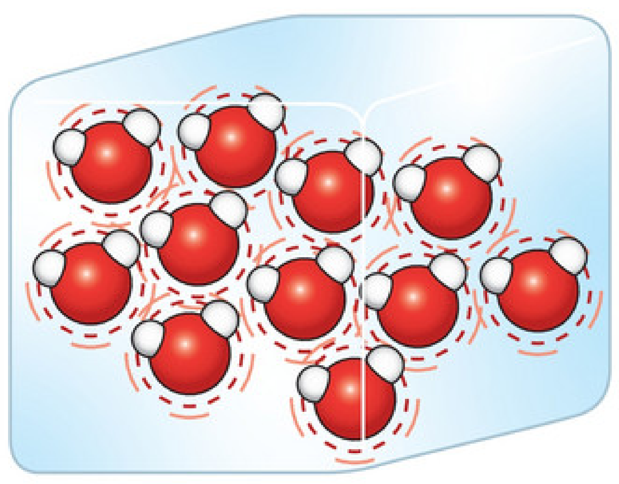
6.4.1 Je kunt het gedrag van moleculen in verschillende fasen beschrijven.
6.4.2 Je kunt de fasen benoemen waarin stoffen kunnen voorkomen.
6.4.3 Je kunt met het gedrag van moleculen de fase-overgangen beschrijven.
6.4.4 Je kunt de fase-overgangen benoemen waarbij energie nodig is.
6.4.5 Je kunt de fase-overgangen benoemen waarbij energie vrijkomt.
6.4.6 Je kunt het verband tussen temperatuur, tijd en energie beschrijven.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	6.4.1	6.4.2	6.4.3	6.4.4	6.4.5	6.4.6
Onthouden	3				7	9a
Begrijpen	2	1	4, 5	6ab		9bc, 10, 12c
Toepassen						12ab
Analyseren					8	11, 13

Alle stoffen zijn opgebouwd uit heel kleine deeltjes. Die deeltjes heten moleculen. Als je de moleculen in een stof opwarmt, gebeurt er iets met die stof.

MOLECULEN IN EEN VASTE STOF

IJs is een vaste stof. IJs bestaat uit watermoleculen. In ijs hebben alle moleculen een eigen, vaste plaats (figuur 1). De moleculen bewegen op die vaste plaats heel snel heen en weer. De afstand tussen de moleculen is klein. De aantrekkingskracht tussen de moleculen is groot: de moleculen trekken elkaar stevig aan.



figuur 1 Watermoleculen in ijs.

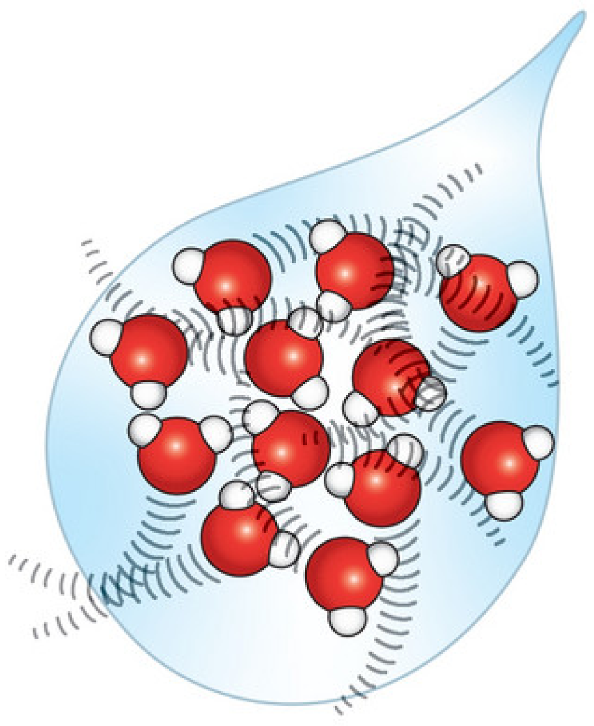
Als je het ijs verwarmt, gaat de temperatuur van het ijs omhoog. De moleculen gaan heviger heen en weer bewegen. De afstand tussen de moleculen wordt dan groter. Hierdoor neemt de aantrekkingskracht tussen de moleculen af.

Bij een bepaalde temperatuur is de aantrekkingskracht te klein om de moleculen op hun vaste plaats te houden. Dit kun je zien. De stof **smelt** dan en wordt vloeibaar.

MOLECULEN IN EEN VLOEISTOF

De moleculen in een vloeistof bewegen langs en door elkaar heen (figuur 2). Ze hebben geen vaste plaats meer. De aantrekkingskracht tussen de moleculen is kleiner dan bij een vaste stof. Toch is die kracht nog wel groot genoeg om de moleculen bij elkaar te houden.

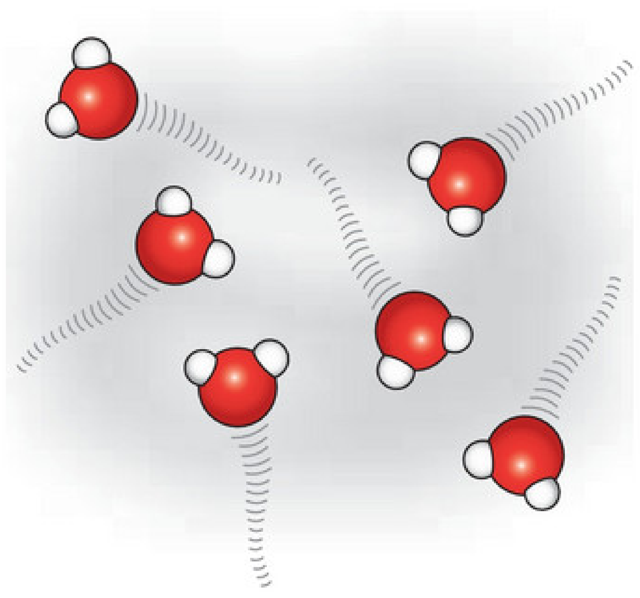
De snelheid van sommige moleculen is zo groot dat ze uit de vloeistof kunnen ontsnappen. Hierdoor **verdampt** de vloeistof langzaam. Hoe hoger de temperatuur, hoe groter de snelheid van de moleculen en des te gemakkelijker ze uit de vloeistof zullen ontsnappen.



figuur 2 Watermoleculen in water.

MOLECULEN IN EEN GAS

De moleculen van een gas bewegen los van elkaar door de ruimte waar het gas in zit (figuur 3). De afstand tussen de moleculen is erg groot en de aantrekkingskracht is erg klein. De moleculen kunnen grote afstanden afleggen.



figuur 3 Watermoleculen in waterdamp.

PROEF 1 MOLECULEN BEWEGEN IN WATER

10 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ 2 bekerglazen van 250 mL
- ☐ koud water (10 – 20 °C)
- ☐ heet water (50 – 70 °C)
- ☐ inkt

Uitvoering

- Zet de twee bekerglazen naast elkaar voor je op tafel.
- Doe in het ene bekerglas ongeveer 150 mL koud water.
- Doe in het andere bekerglas ongeveer 150 mL heet water.
- Pak de inkt.
- Doe een druppel inkt in het koude water.
- Doe direct daarna een druppel inkt in het hete water.
- Let goed op de inkt in de twee bekerglazen.

1 In het koude water zie je de inkt *BIJNA NIET* / *SNEL* bewegen.

2 In het hete water zie je de inkt *BIJNA NIET* / SNEL bewegen.

3 In het hete water bewegen inktdeeltjes *LANGZAMER* / *SNELLER* dan in het koude water.
In het hete water botsen de watermoleculen *HARDER* / *ZACHTER* tegen de inktdeeltjes aan dan in het koude water.
Dit komt doordat in het *HETE* / *KOUDE* water de watermoleculen sneller bewegen.

Conclusie

4 In warme vloeistoffen bewegen de moleculen *LANGZAMER* / *SNELLER* dan in koude vloeistoffen.

- Ruim alles netjes op.

1 In welke drie fasen kan een stof voorkomen?

....

....

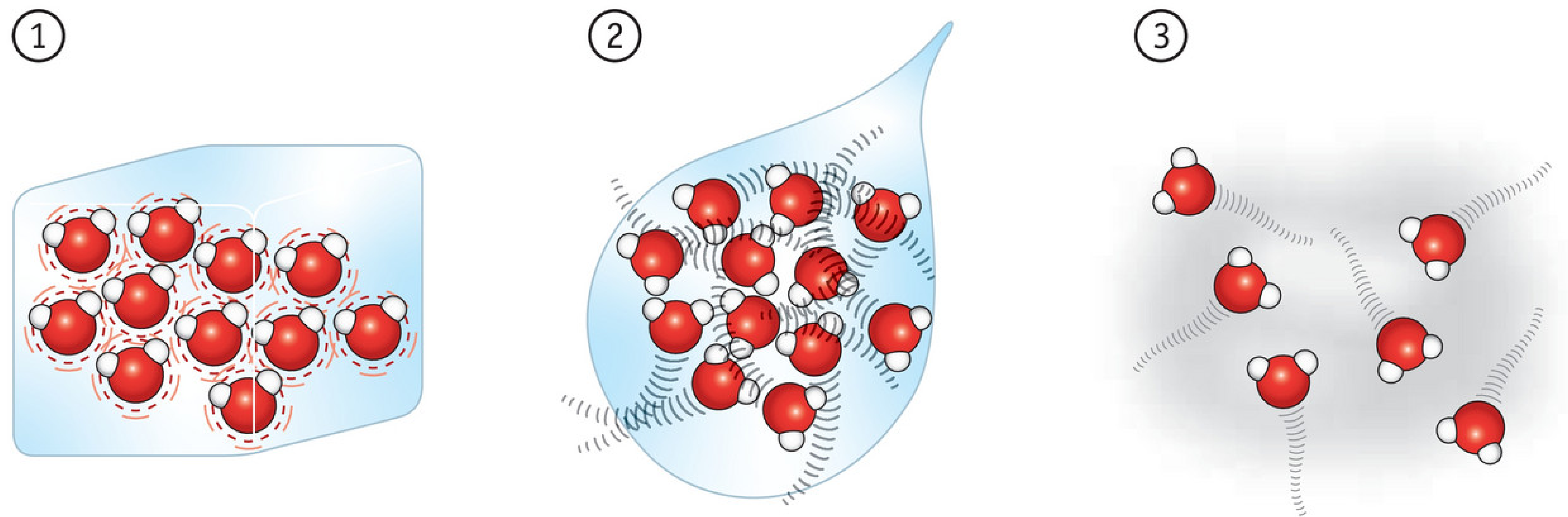
....

2 Links staan fasen waarin een stof kan voorkomen en rechts een omschrijving die hoort bij een fase.
Koppel elke fase aan de juiste omschrijving.

A gas ○ ○ 1 De moleculen bewegen door elkaar heen.
B vaste stof ○ ○ 2 De moleculen bewegen geheel los van elkaar.
C vloeistof ○ ○ 3 De moleculen blijven op dezelfde plaats.

3 In figuur 4 zie je de moleculen van een stof in drie verschillende fasen.
Schrijf onder elke tekening welke fase het is.

figuur 4 Drie fasen.

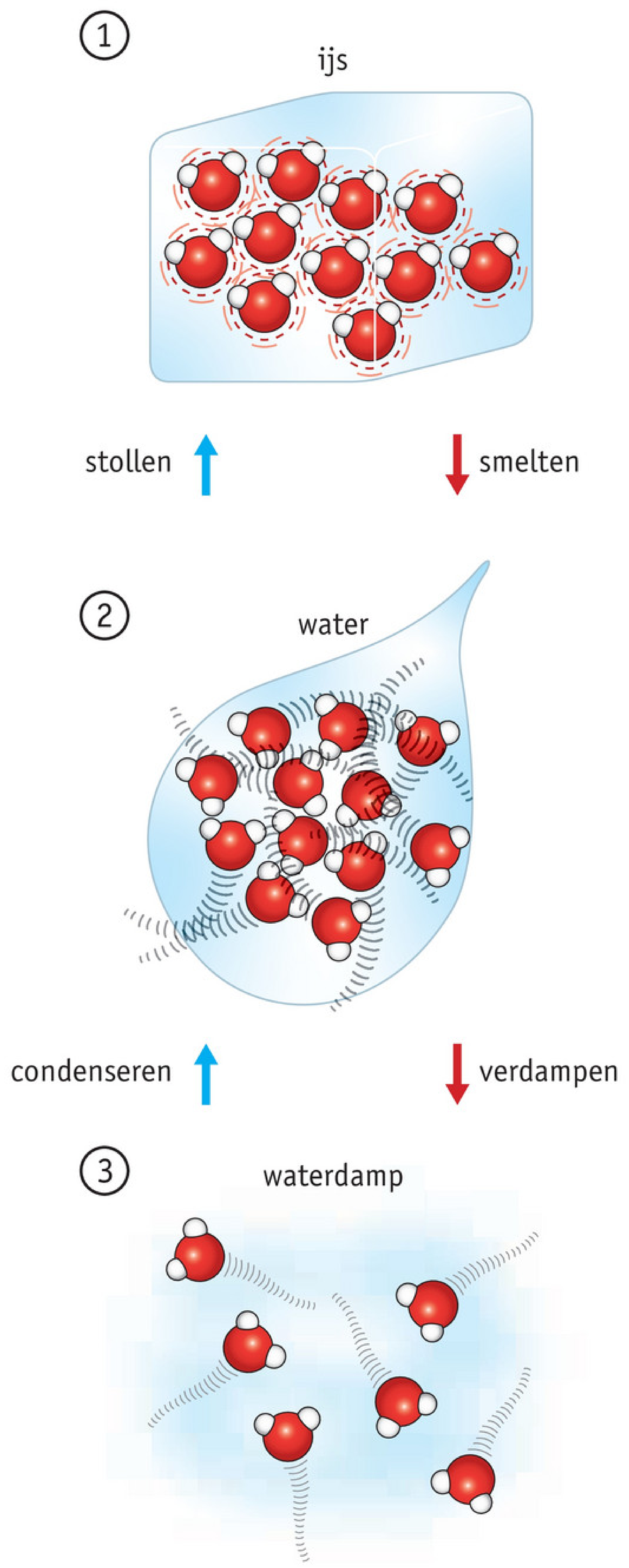


vast .... vloeibaar .... gas ....

FASE-OVERGANGEN EN ENERGIE

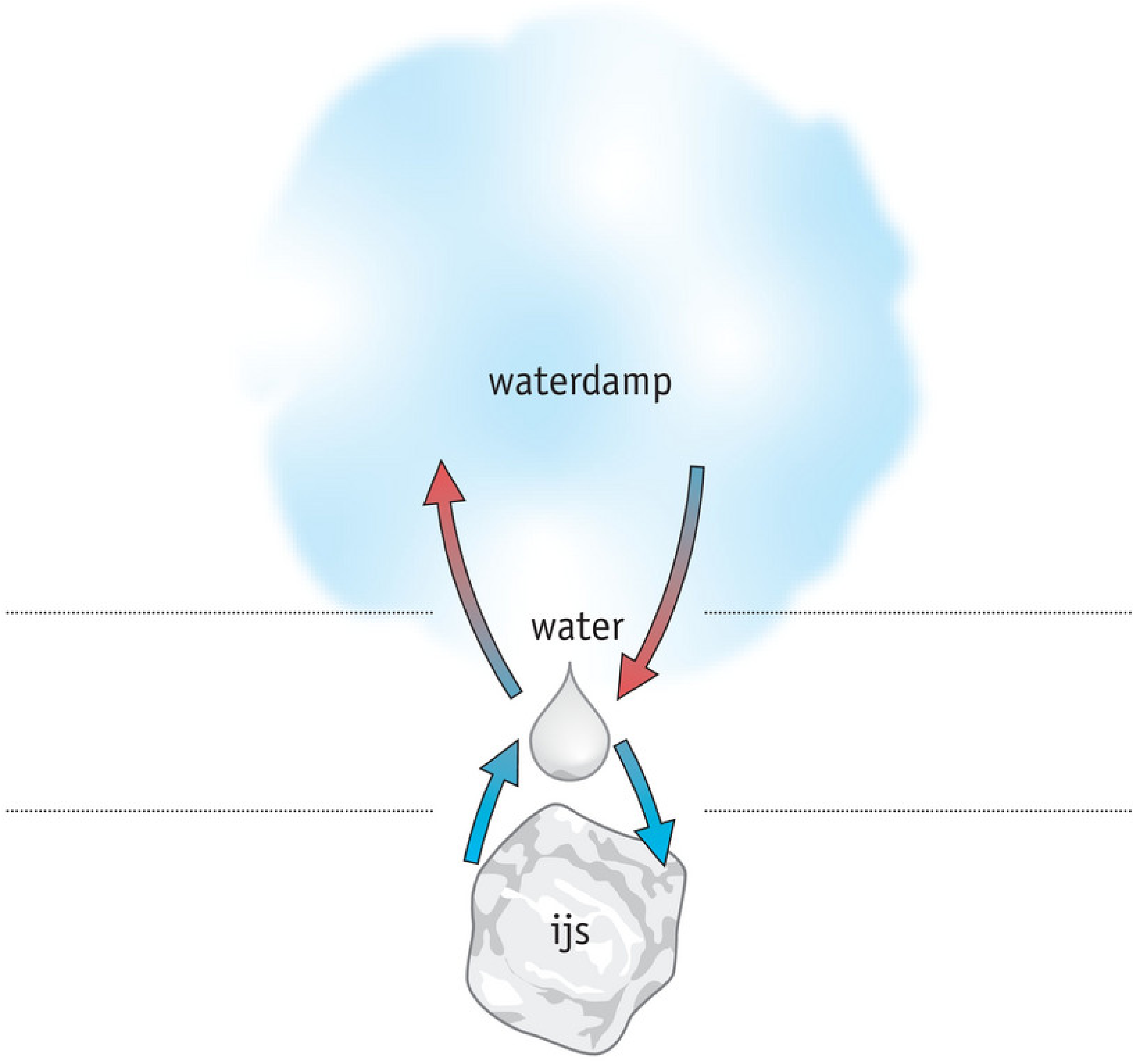
Als je ijs verwarmt, smelt het en wordt het water. Als je water verwarmt, verdampt het en wordt het waterdamp. Voor smelten en verdampen is energie nodig. In figuur 5 zijn deze twee **fase-overgangen** aangegeven met een rode pijl.

Het omgekeerde geldt ook. Als waterdamp condenseert en water wordt, dan komt er energie vrij. En als water stolt (bevriest) en ijs wordt, komt er ook energie vrij. In figuur 5 zijn **condenseren** en **stollen** aangegeven met een blauwe pijl.



figuur 5 Moleculen in een vaste stof, een vloeistof en een gas.

4 In figuur 6 zie je de drie fasen van water. De pijlen geven de fase-overgangen aan. Schrijf op de invullijnen de namen van de fase-overgangen.



figuur 6 De fase-overgangen van water.

5 Links staan fase-overgangen en rechts omschrijvingen van de fase-overgangen. Koppel elke fase-overgang aan de juiste omschrijving.

A condenseren ○	○ 1 De moleculen gaan op een vaste plaats zitten.
B smelten ○	○ 2 De moleculen gaan zich helemaal los van elkaar bewegen.
C stollen ○	○ 3 De moleculen komen van hun vaste plaats.
D verdampen ○	○ 4 De moleculen komen weer dichter bij elkaar en gaan langs elkaar bewegen.

6 Je verwarmt ijs, waardoor het ijs smelt.

a De warmte wordt dan *WEL* / *NIET* gebruikt om van fase te veranderen.

b De warmte wordt dan *WEL* / *NIET* gebruikt om de temperatuur te laten stijgen.

7 Geef voor de vier fase-overgangen aan of er energie nodig is of dat er energie vrijkomt.

condenseren	*ER IS ENERGIE NODIG* / *ER KOMT ENERGIE VRIJ*
smelten	*ER IS ENERGIE NODIG* / *ER KOMT ENERGIE VRIJ*
stollen	*ER IS ENERGIE NODIG* / *ER KOMT ENERGIE VRIJ*
verdampen	*ER IS ENERGIE NODIG* / *ER KOMT ENERGIE VRIJ*

★ **8**

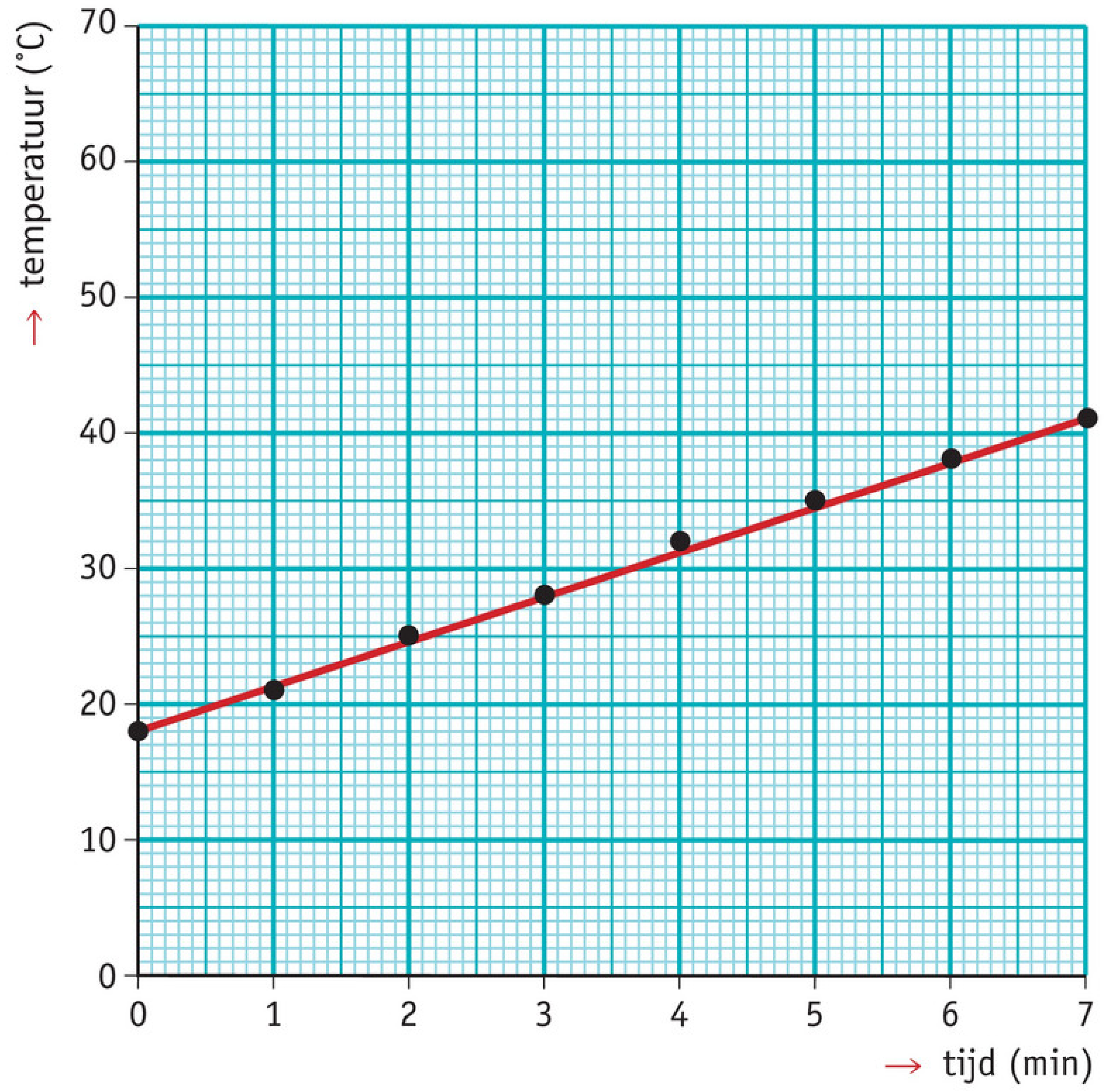
Fruittelers besproeien in het voorjaar bij nachtvorst hun fruitbomen met water (figuur 7). Dit doen ze om de bloemknoppen te beschermen tegen de vorst.
Bij vorst *SMELT* / *STOLT* het water.
Hierdoor *KOMT ER ENERGIE VRIJ* / *IS ER ENERGIE NODIG*.
De bloemknoppen bevriezen daarom *NIET* / *WEL*.



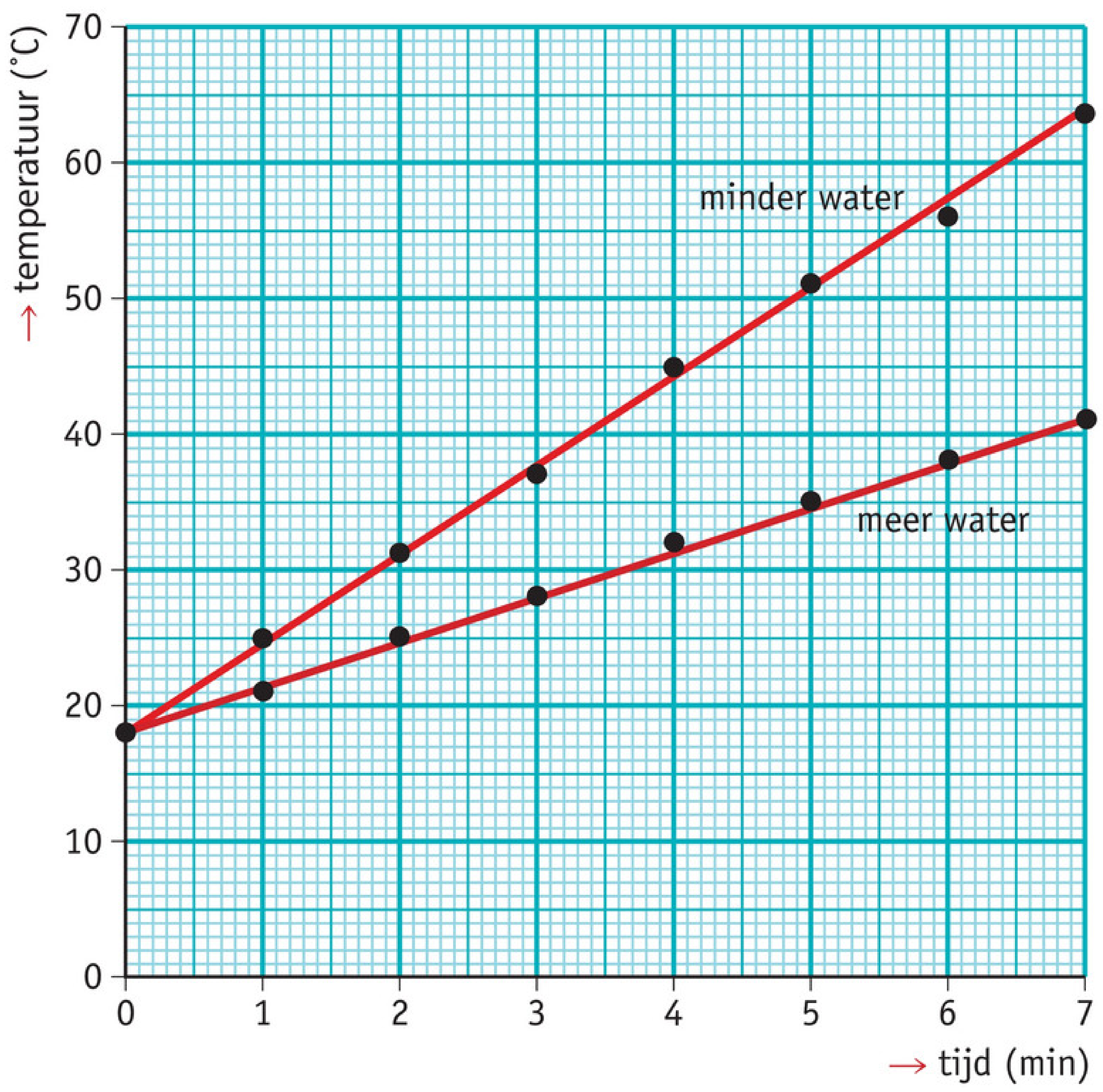
figuur 7 Bloesem van fruitbomen bedekt met ijs.

TEMPERATUUR, TIJD EN ENERGIE

Met een waterkoker kun je water verwarmen. Je voegt daardoor energie toe aan het water. Je ziet dan dat de temperatuur stijgt. Met een horloge en een thermometer kun je bijhouden hoe snel de temperatuur van het water stijgt. Je moet dan met regelmatige tussenpozen de temperatuur van het water aflezen, bijvoorbeeld om de minuut. Na afloop geef je je meetresultaten weer in een diagram (figuur 8). Dat doe je door de meetpunten in de grafiek op de juiste plaats te zetten. Daarna trek je een lijn door die meetpunten.
Je kunt met de waterkoker ook minder water verwarmen. De hoeveelheid energie die je toevoert is gelijk. De temperatuur van het water stijgt dan sneller (figuur 9).



figuur 8 Een temperatuur-tijddiagram.



figuur 9 Verwarmen van een grote en een kleine hoeveelheid water.

PROEF 2 WATER VERWARMEN

30 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ 2 bekerglazen van 400 mL
- ☐ maatcilinder
- ☐ thermometer
- ☐ stopwatch
- ☐ driepoot met gaasje
- ☐ brander
- ☐ doosje lucifers

Uitvoering

- Meet met een maatcilinder 200 mL water af.
- Doe het water in een bekerglas.
- Meet met een maatcilinder 100 mL water af.
- Doe het water in het andere bekerglas.
- Meet de temperatuur van het water in beide bekerglazen.

1 De temperatuur van het water in de bekerglazen is .... °C.

- Vul deze temperatuur in tabel 1 in bij 200 mL en tijd = 0 minuten.
- Vul deze temperatuur ook in tabel 1 in bij 100 mL en tijd = 0 minuten.
- Zet het bekerglas met 200 mL water op de driepoot.
- Steek de brander aan.
- Stel de brander in op een kleine, blauwe vlam.
- Schuif de brander onder de driepoot.
- Druk meteen de stopwatch in.
- Lees na 1 minuut de temperatuur af.

2 De temperatuur van het water na 1 minuut is .... °C.

- Vul deze temperatuur in tabel 1 in bij 200 mL en tijd = 1 minuut.
- Lees na 2 minuten de temperatuur af.

3 De temperatuur van het water na 2 minuten is .... °C.

- Vul deze temperatuur in tabel 1 in bij 200 mL en tijd = 2 minuten.
- Lees ook de temperatuur af na 3, 4 en 5 minuten.
- Vul steeds de waarde in op de juiste plaats in tabel 1.
- Schuif nu de brander onder de driepoot vandaan en stel de brander in op de gele vlam.

Let op! Raak de gasknop niet aan. Het tweede deel van de proef moet met dezelfde vlam gebeuren.

- Zet het bekerglas met 100 mL water op de driepoot.
- Stel de brander weer in op een kleine, blauwe vlam.
- Schuif de brander onder de driepoot.
- Druk meteen de stopwatch in.
- Lees na 1 minuut de temperatuur af.

4 De temperatuur van het water na 1 minuut is .... °C.

- Vul deze temperatuur in tabel 1 in bij 100 mL en tijd = 1 minuut.
- Lees ook de temperatuur af na 2, 3, 4 en 5 minuten.
- Vul steeds de waarde in op de juiste plaats in tabel 1.

5 100 mL water warmt *SNELLER* / *LANGZAMER* op dan 200 mL als de toegevoerde energie gelijk is.

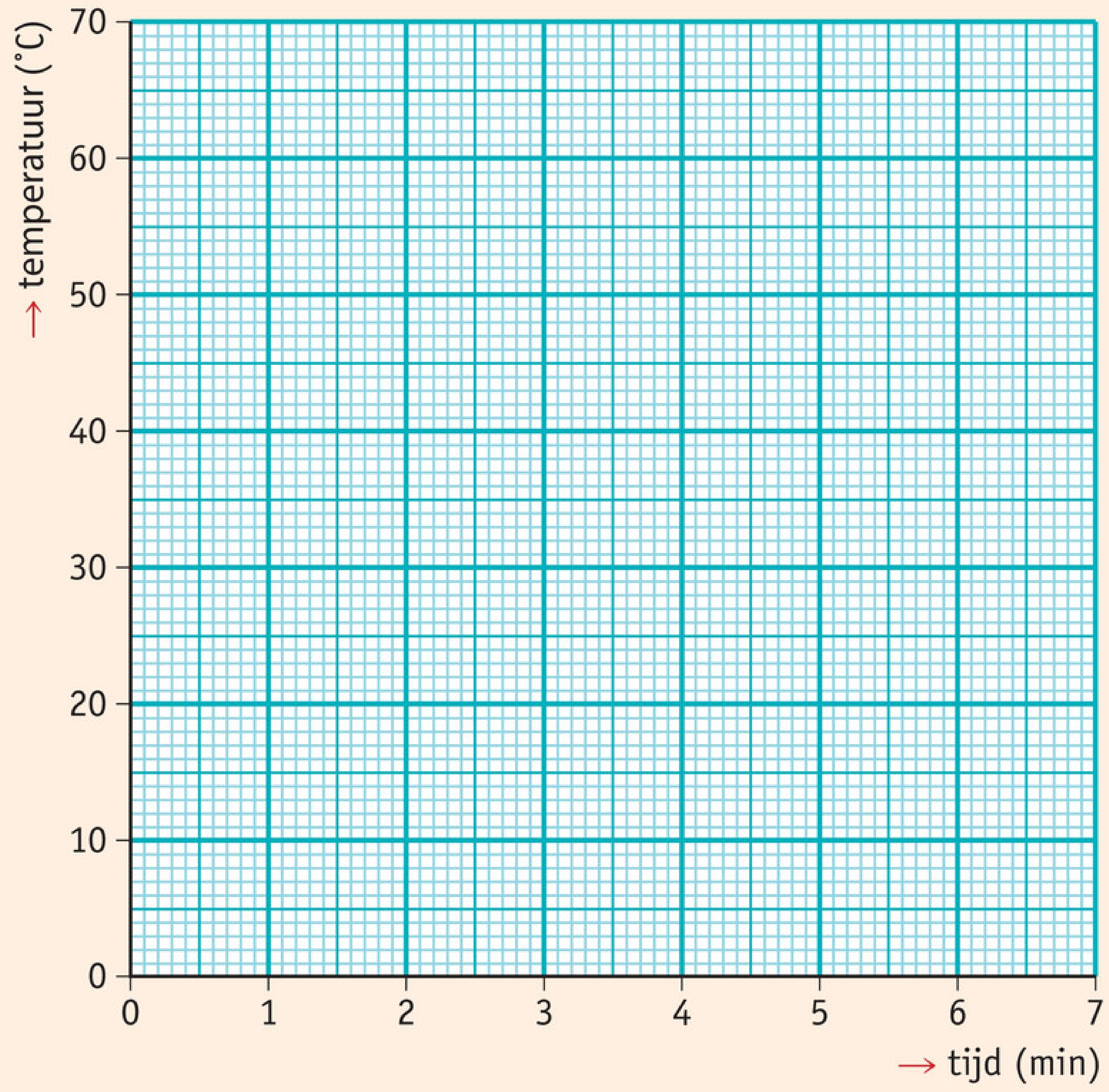
- Zet in figuur 10 alle meetpunten uit en teken beide grafieken van temperatuur tegen de tijd.

tabel 1 Metingen van proef 2.

tijd (minuten)	temperatuur 200 mL (°C)	temperatuur 100 mL (°C)
0		
1		
2		
3		
4		
5		

6 De grafiek van de meting met 100 mL water is *STEILER* / *MINDER STEIL* dan de grafiek van de meting met 200 mL water.

7 Hoe steiler de grafiek, hoe *SNELLER* / *LANGZAMER* het water opwarmt.



figuur 10 Temperatuur-tijddiagram voor de metingen van proef 2.

Conclusie

8 Een kleine hoeveelheid water warmt *SNELLER* / *LANGZAMER* op dan een grote hoeveelheid water als de toegevoerde energie gelijk is.

- Ruim alles netjes op.

9

a Als je energie toevoert aan een vloeistof, dan *DAALT* / *STIJGT* de temperatuur van die vloeistof.

b Als je energie toevoert aan een vaste stof, dan .... de temperatuur van die vaste stof.

c Als je energie toevoert aan een gas, dan .... de temperatuur van dat gas.

10 Je zet twee precies dezelfde elektrische frietpannen tegelijk aan (figuur 11). In de ene pan zit 1,5 L frituurolie, in de andere 2,0 L. De pan met *1,5* / *2,0* L olie is het eerst opgewarmd.



figuur 11 Twee precies dezelfde frietpannen.

★ 11 Je zet twee elektrische frietpannen tegelijk aan. In beide pannen zit 1,8 L frituurolie. De ene pan heeft een vermogen van 1600 W en de andere heeft een vermogen van 2000 W.

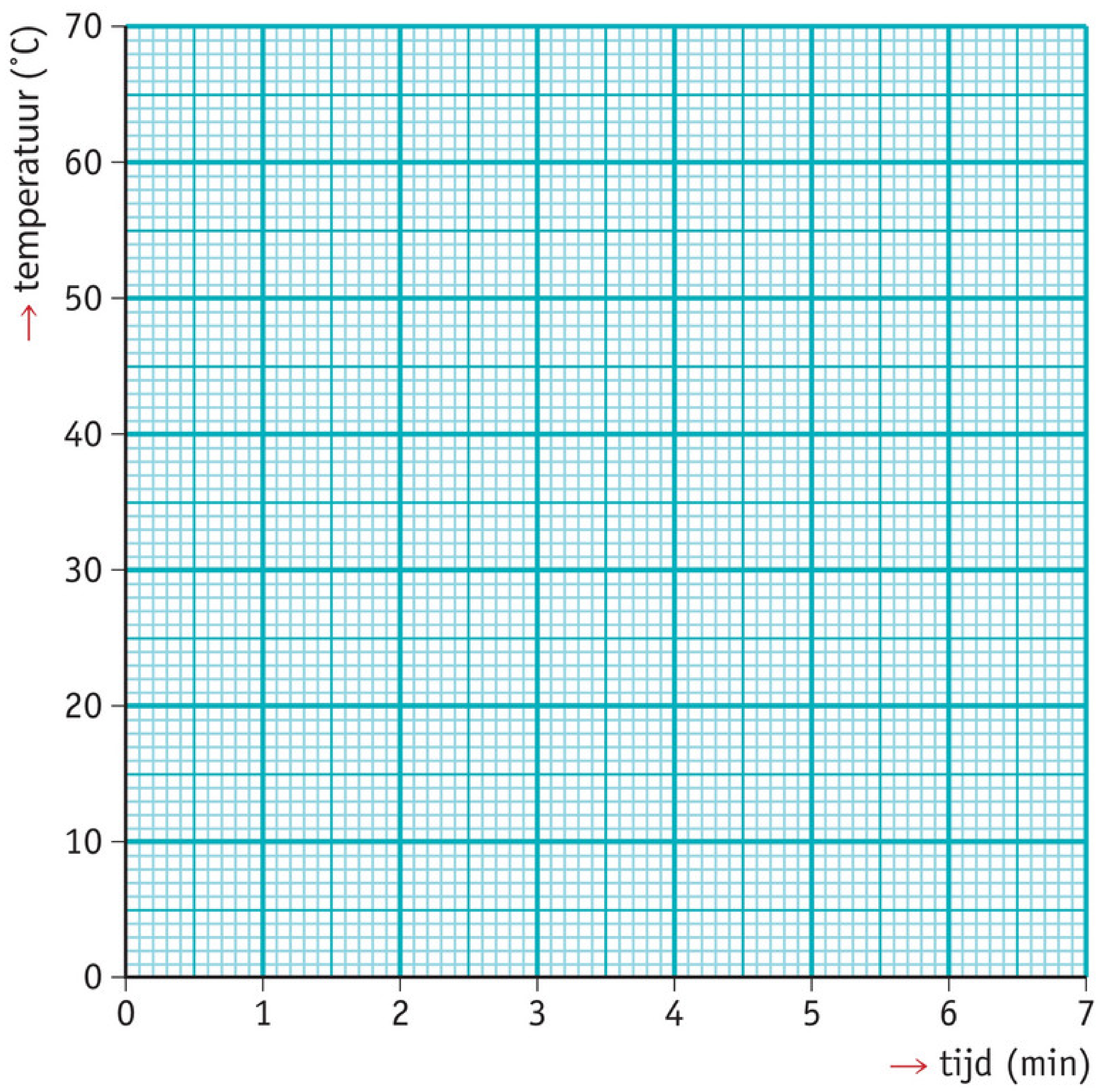
○ A De pan met een vermogen van 1600 W is het eerst opgewarmd.
○ B De pan met een vermogen van 2000 W is het eerst opgewarmd.
○ C De twee pannen zijn even snel opgewarmd.

12 Jonas en Rowena verwarmen tijdens een practicum 400 mL water met een dompelaar. Ze meten iedere minuut de temperatuur. Hun meetgegevens staan in tabel 2.

a Teken in figuur 12 de meetpunten van de proef van Jonas en Rowena.
b Teken in figuur 12 de grafiek door de meetpunten.
Tip: dit moet een rechte lijn zijn.
c Hierna doen Jonas en Rowena nog een proef. Nu verwarmen ze 800 mL water met dezelfde dompelaar.
Hoe zal de grafiek van deze proef eruitzien?
○ A De grafiek is minder steil.
○ B De grafiek is precies even steil.
○ C De grafiek is steiler.

tabel 2 De proef van Jonas en Rowena.

tijd (minuten)	temperatuur (°C)
0	20
1	26
2	32
3	38
4	43
5	49
6	54
7	59



figuur 12 Temperatuur-tijddiagram voor de proef van Jonas en Rowena.

★ 13 Je legt stalen knikkers in een oven van 2000 °C om ze te laten smelten. De ene knikker is twee keer zo zwaar als de andere knikker.
Welke knikker zal het eerst smelten?

○ A de lichte knikker
○ B de zware knikker
○ C Ze smelten beide even snel.

ONTHOUD

Elke stof kan voorkomen in drie verschillende fasen: vast, vloeibaar en gas.

- De moleculen in een vaste stof hebben een eigen, vaste plaats. Ze bewegen op die vaste plaats heel snel heen en weer. De aantrekkingskracht tussen de moleculen is groot.
- De moleculen in een vloeistof bewegen langs en door elkaar heen. Ze hebben geen vaste plaats meer, maar de aantrekkingskracht tussen de moleculen is nog wel groot genoeg om ze bij elkaar te houden.
- De moleculen van een gas bewegen los van elkaar door de ruimte waar het gas in zit. De onderlinge aantrekkingskracht tussen de moleculen is erg klein en de moleculen kunnen grote afstanden afleggen.

Smelten, verdampen, condenseren en stollen zijn fase-overgangen.
Om een stof te smelten of te verdampen is energie nodig.
Als een stof condenseert of stolt, komt er energie vrij.

Een kleine hoeveelheid water warmt sneller op dan een grote hoeveelheid water als de toegevoerde energie gelijk is.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

5 Warmtetransport

LEERDOELEN

6.5.1 Je kunt beschrijven hoe warmtetransport door geleiding plaatsvindt.
6.5.2 Je kunt beschrijven hoe warmtetransport door stroming plaatsvindt.
6.5.3 Je kunt beschrijven hoe warmtetransport door straling plaatsvindt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN		
	6.5.1	6.5.2	6.5.3
Onthouden	2, 3, 4, 5, 6	8	11, 12
Begrijpen	1, 7, 21	9, 10	13, 14, 15, 16, 17, 18
Toepassen	20		19
Analyseren			

Warm water gaat van een cv-ketel naar de radiatoren. Daarna verspreidt de warmte zich via de radiatoren door het huis.

GELEIDING

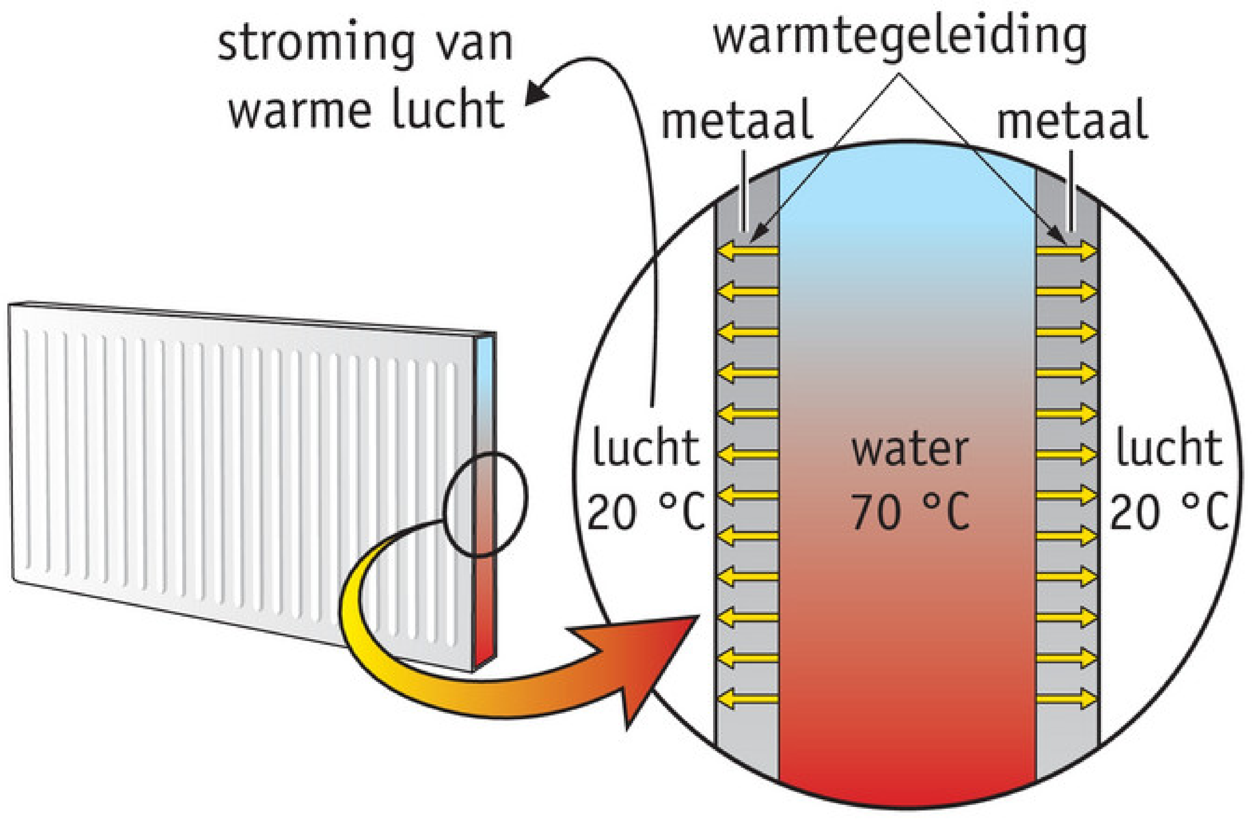
Warm water stroomt door buizen van de cv-ketel naar de radiatoren. Een radiator is gemaakt van staal (figuur 1). Staal laat warmte goed door. Hierdoor wordt de buitenkant van de radiator ook snel warm. Warmte verplaatst zich in een vaste stof altijd van een plaats met een hoge temperatuur naar een plaats met een lagere temperatuur.





figuur 1 Verschillende radiatoren.

Als warmte zich verplaatst, dan noem je dit **warmtetransport**. Warmtetransport door vaste stoffen vindt plaats door **geleiding**, zoals in het staal van de radiator. **Warmtegeleiders** geven warmte goed door (figuur 2). Metalen zijn goede warmtegeleiders. Alle andere stoffen geleiden warmte minder goed. Deze stoffen noem je **isolatoren**. Een isolator geeft warmte niet of slecht door. Voorbeelden van isolatoren zijn kunststof, hout, glas, wol en lucht.



figuur 2 Warmtegeleiding bij een radiator.

PROEF 1 WARMTE TRANSPORTEREN DOOR GELEIDING

15 minuten

Wat je nodig hebt

☐ bekerglas met 200 mL water van ongeveer 50 °C
☐ thermometer
☐ leeg conservenblik
☐ leeg bekerglas van 600 mL

Uitvoering

- Kijk op de thermometer en lees de temperatuur af.

1 Wat is de temperatuur in het lokaal? ....

2 Het conservenblik staat al een hele tijd in het lokaal.

Wat is de temperatuur van het blik? ....

- Pak het blik met één hand in het midden vast.

3 Hoe voelt het conservenblik aan?

○ A even warm als het lokaal
○ B kouder dan het lokaal
○ C warmer dan het lokaal

- Giet de helft van het warme water in het blik (figuur 3).



figuur 3 Giet het warme water in het blik.

4 Wat voel je aan het blik als je het water erin doet?
- ○ A Het blik wordt heel langzaam koeler.
- ○ B Het blik wordt heel langzaam warmer.
- ○ C Het blik wordt heel snel koeler.
- ○ D Het blik wordt heel snel warmer.

5 Waar is het blik van gemaakt?
- ○ A glas
- ○ B kunststof
- ○ C metaal
- ○ D papier

- Pak het lege bekerglas met een hand in het midden vast.
- Giet de rest van het water in dit bekerglas.
- Let goed op wat je nu voelt.

6 Glas wordt *SNELLER* / *LANGZAMER* warm dan blik.

7 Glas geleidt warmte *BETER* / *SLECHTER* dan blik.

8 Blik is een *ISOLATOR* / *WARMTEGELEIDER*.
Glas is een *ISOLATOR* / *WARMTEGELEIDER*.

- Ruim alles netjes op.

1 Het warme water van een cv-ketel stroomt door de radiator in een woonkamer.
Hoe komt de warmte in de woonkamer?

De warmte verplaatst zich door het .... van de radiator naar

de .... van de radiator. Hierdoor wordt de buitenkant van de

radiator ....

2 Verplaatsing van warmte noem je ....

3 Warmtetransport door een vaste stof gaat via ....

4 Welke stoffen zijn goede warmtegeleiders? ....

5 Wat zijn isolatoren?

- ○ A stoffen die warmte goed geleiden
- ○ B stoffen die warmte slecht geleiden
- ○ C stoffen die warmte soms geleiden

6 Schrijf vier vaste stoffen op die warmte niet goed geleiden.

....

....

....

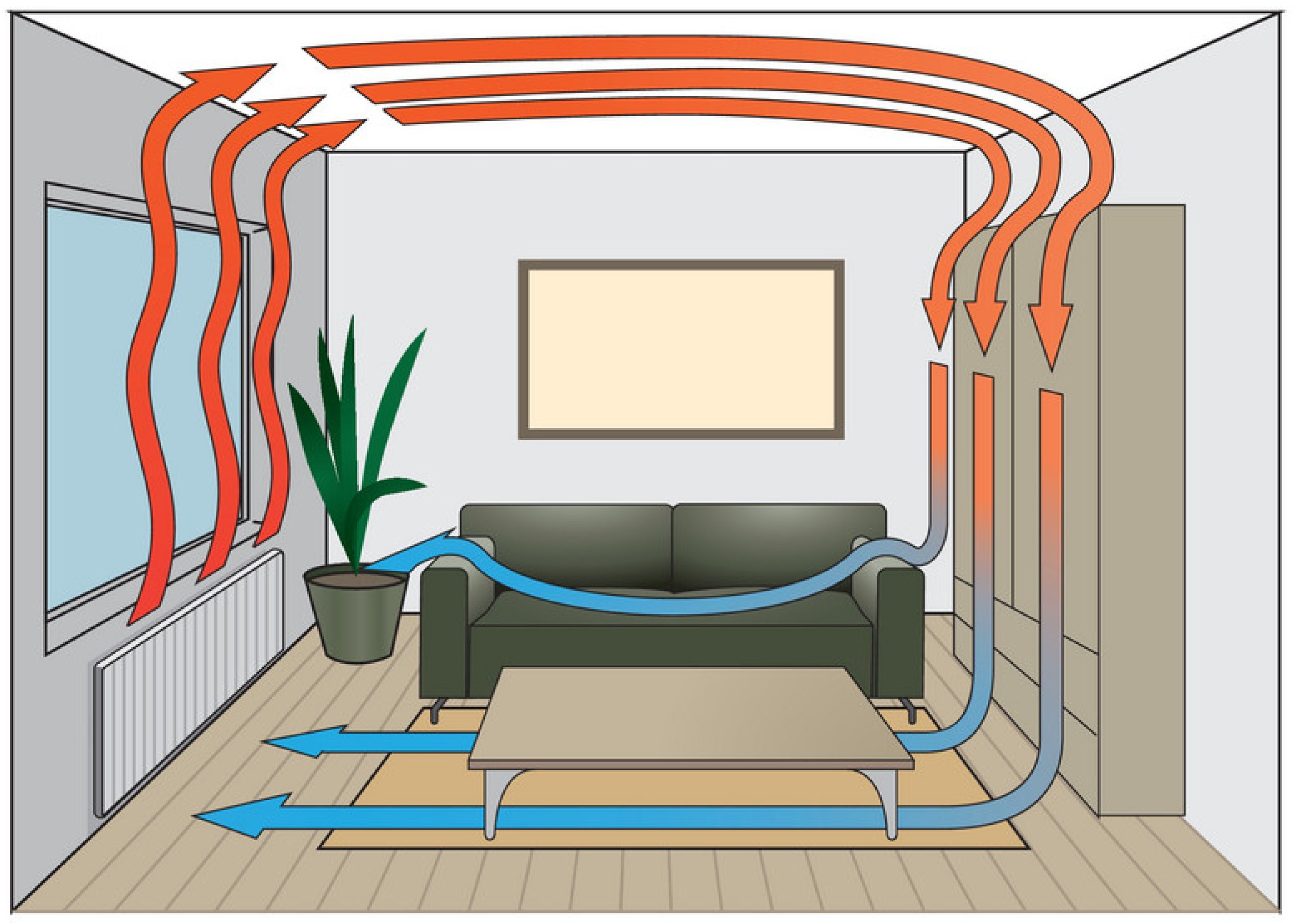
....

7 Waarom zijn radiatoren van staal gemaakt?

Omdat staal ....

STROMING

Een hete radiator geeft warmte af aan de lucht. De lucht vlak bij de radiator wordt daardoor warmer. De dichtheid van warme lucht is kleiner dan die van koude lucht. Daardoor stijgt de warme lucht op. De lucht in de kamer gaat door de hele kamer bewegen (figuur 4).



figuur 4 Stroming.

Ook hier verplaatst de warmte zich. Deze beweging van lucht noem je **stroming**. Warme lucht gaat omhoog en koude lucht zakt omlaag. Stroming gebeurt niet alleen in lucht, maar ook in vloeistoffen en andere gassen. De warmte verplaatst zich doordat lucht of een vloeistof zich verplaatst en de warmte meeneemt. Stroming is een soort warmtetransport.

PROEF 2 WARMTE TRANSPORTEREN DOOR STROMING

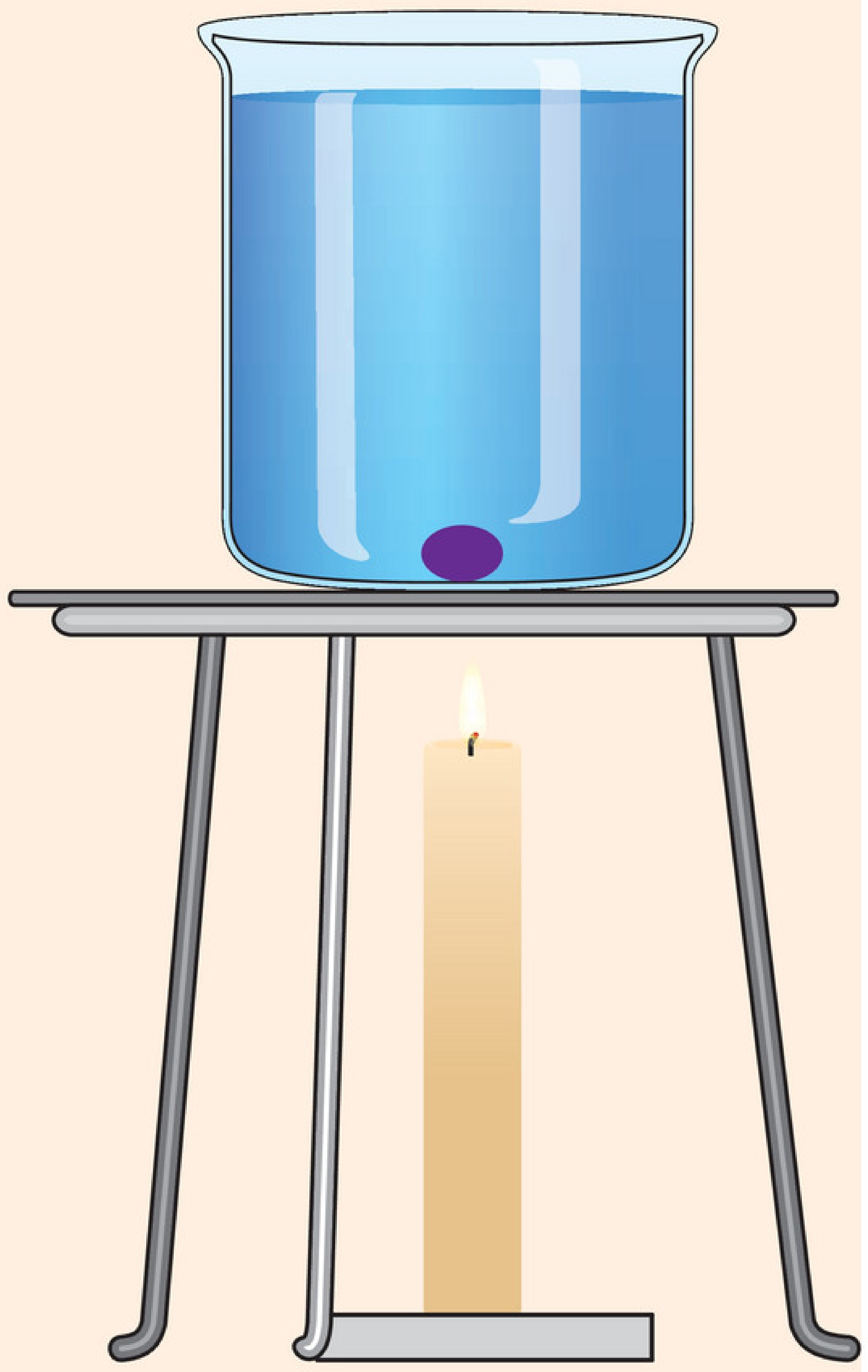
20 minuten

Wat je nodig hebt

- ☐ bekerglas
- ☐ driepoot met gaas
- ☐ kaars of waxinelichtje
- ☐ spatel
- ☐ kaliumpermanganaat
- ☐ lucifers

Uitvoering

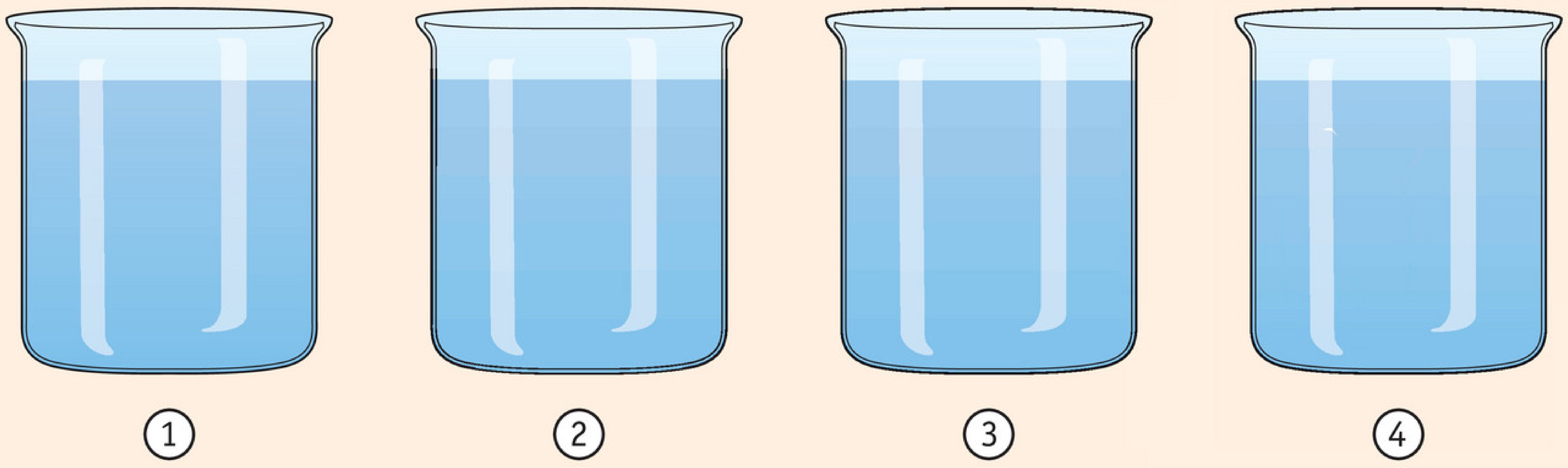
- Maak de opstelling zoals in figuur 5.
- Vul het bekerglas met water tot 1 cm onder de rand.
- Zet het bekerglas op de driepoot met gaas.
- Zet de kaars of het waxinelichtje precies in het midden onder het bekerglas.
- Doe een paar kristallen kaliumpermanganaat in het bekerglas.
- Steek met de lucifer de kaars of het waxinelichtje aan.
- Verwarm het bekerglas, zie figuur 5.
- Kijk naar het water in het bekerglas.



figuur 5 De opstelling van proef 2.

1 Teken in figuur 6 de kleurstof als je de kaars of het waxinelichtje net hebt aangestoken.
Teken de kleurstof na 30 seconden.
Teken de kleurstof na 1 minuut.
Teken de kleurstof na 1 minuut en 30 seconden.

figuur 6 De kleurstof op vier momenten.



- Blaas de kaars of het waxinelichtje uit.

2 Het water gaat *WEL* / *NIET* bewegen.

3 Geef in figuur 5 met pijlen aan hoe het water door het bekerglas stroomt.

4 Hoe komt het dat het water gaat stromen? Kruis twee antwoorden aan.
- ☐ A doordat kouder water daalt
- ☐ B doordat kouder water stijgt
- ☐ C doordat warmer water daalt
- ☐ D doordat warmer water stijgt

Conclusie
Stroming ontstaat doordat warme vloeistof stijgt en na afkoelen weer daalt.

- Ruim alles netjes op.

8 In welke stoffen kan stroming optreden?
- ○ A in alle stoffen
- ○ B in gassen en vaste stoffen
- ○ C in gassen en vloeistoffen
- ○ D in vaste stoffen en vloeistoffen

9 Hoe kan water het best warmte transporteren?
- ○ A door geleiding
- ○ B door stroming

10 Vul de zinnen aan met de juiste woorden.
Kies uit: *gaat bewegen – lichter – stijgt op – stroming – temperatuur – verwarmd – warmte.*

Een hete radiator geeft .... af aan de lucht.

De lucht krijgt daardoor een hogere ....

Warme lucht is .... dan koude lucht. Warme lucht

....

De lucht .... door de hele kamer. De hele kamer wordt

.... Deze beweging van lucht noem je ....

STRALING

Als je je hand vlak bij een hete radiator houdt, voel je de warmte. De warmte verplaatst zich door **straling** van de radiator naar je hand. Elk voorwerp dat warmer is dan zijn omgeving straalt warmte uit. Die stralingswarmte noem je **infrarode straling**. Straling is een soort warmtetransport.

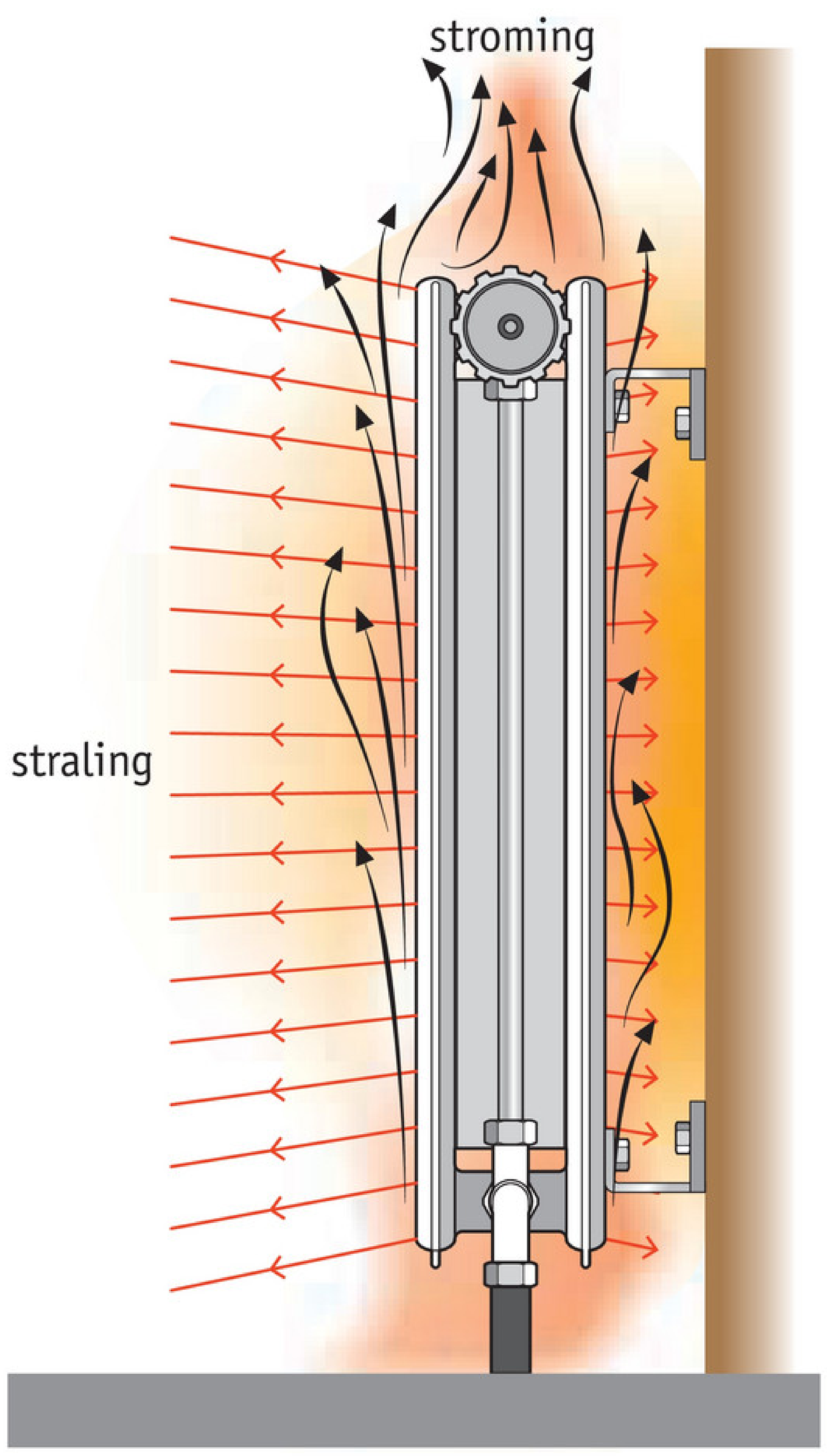
Voorwerpen die kouder zijn dan hun omgeving nemen warmte op. Donkere voorwerpen nemen gemakkelijker warmte op dan lichte voorwerpen (figuur 7).

Lucht laat infrarode straling door, net als glas. De warmte van de zon voel je ook door infrarode straling. Maar tussen de zon en de aarde zit veel lege ruimte. Er is daar niets, ook geen lucht. Dit noem je een **vacuüm**. Straling verplaatst zich dus ook als er geen lucht of een andere stof is. Voor straling is geen **tussenstof** nodig.

In een radiator verplaatst de warmte zich door geleiding door het staal. Buiten de radiator verplaatst de warmte zich door straling en stroming. Dit zie je in figuur 8.



figuur 7 In witte kleding krijg je het minder snel warm.



figuur 8 Warmtetransport door straling en stroming.

PROEF 3 WARMTE TRANSPORTEREN DOOR STRALING

40 minuten

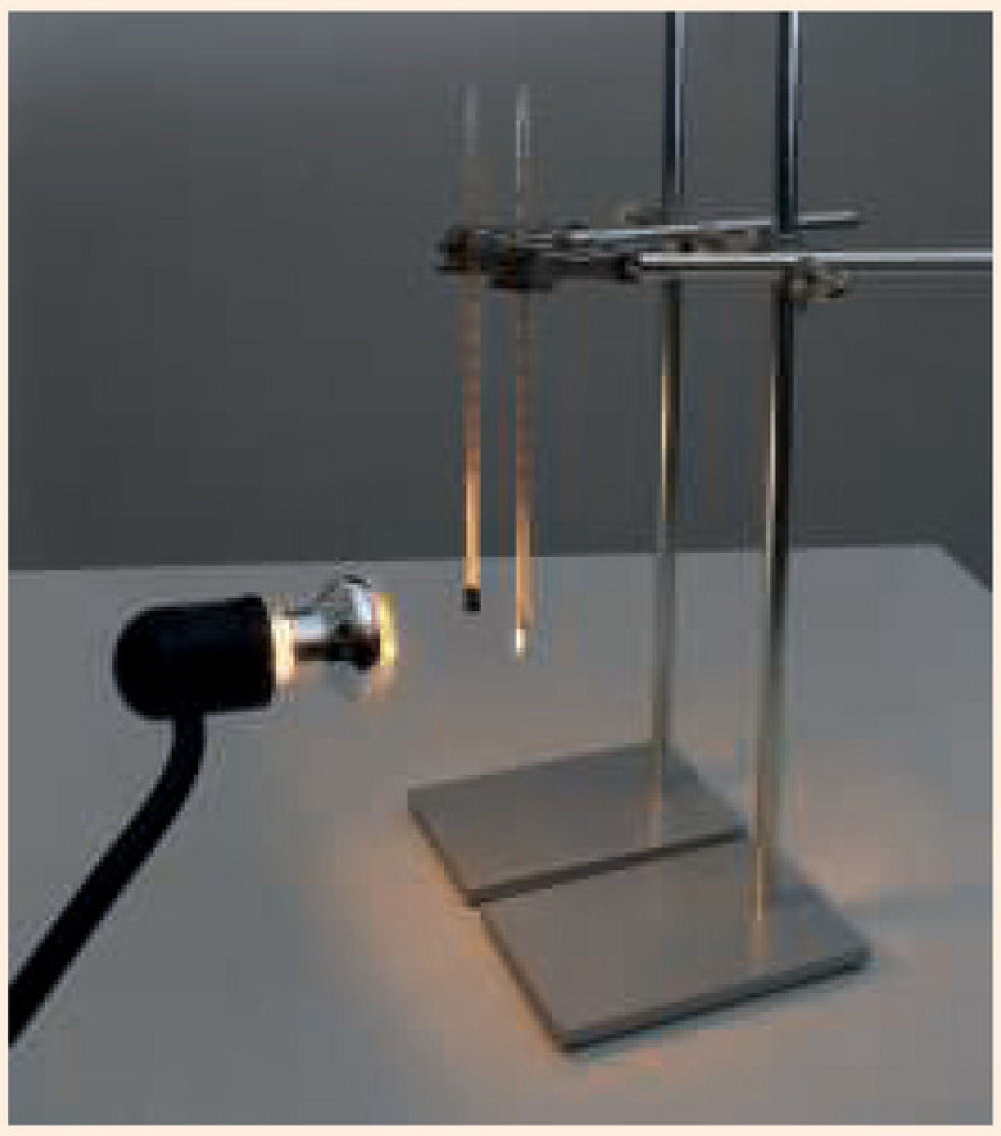
Wat je nodig hebt

- ☐ thermometer waarvan het reservoir wit is gemaakt
- ☐ thermometer waarvan het reservoir zwart is gemaakt
- ☐ warmtelamp op statief, compleet met stekker en snoer
- ☐ statiefstang
- ☐ 2 statiefklemmen
- ☐ 2 apparaatklemmen
- ☐ tonvoet
- ☐ stopwatch of horloge

Uitvoering

- Maak de opstelling zoals in figuur 9.
  Let daarbij goed op het volgende:
  - De thermometers moeten vlak naast elkaar staan.
  - De lamp moet ongeveer 10 cm van de thermometers af staan.
  - De thermometers moeten even ver van de lamp af staan.

- Lees de stand van beide thermometers af.
- Schrijf in tabel 1 de temperatuur van elke thermometer.
- Zet de lamp aan.
- Schrijf in de tabel na elke minuut de temperatuur die de thermometers aangeven.
- Doe dit gedurende 5 minuten.
- Zet daarna de lamp uit.



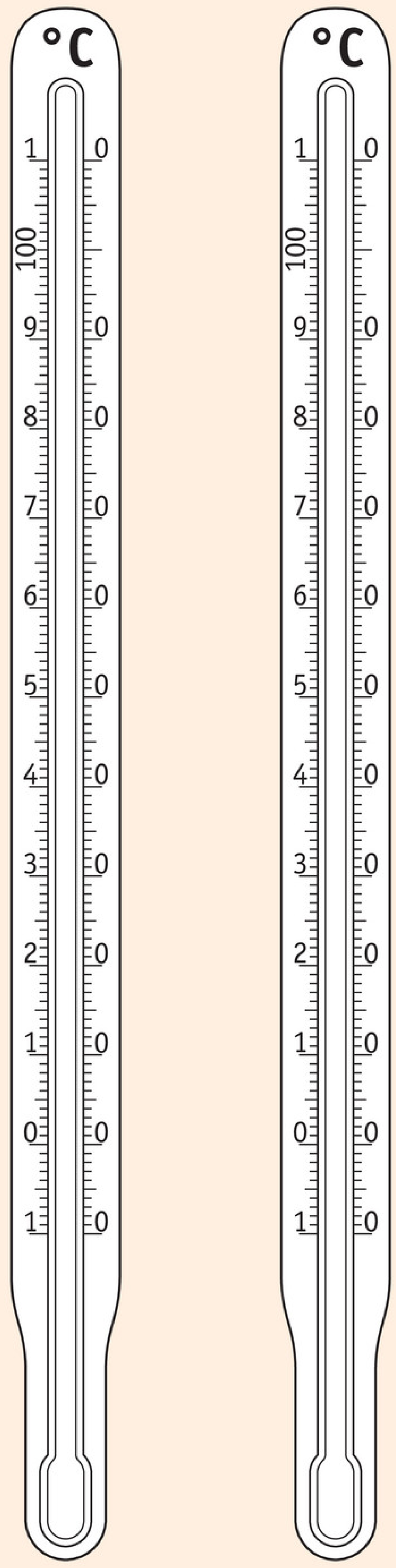
figuur 9 De opstelling van proef 3.

tabel 1 Meetwaarden van proef 3.

tijd (minuten)	temperatuur witte thermometer (°C)	temperatuur zwarte thermometer (°C)
0		
1		
2		
3		
4		
5		

1 In figuur 10 zie je twee thermometers. Dit zijn de thermometers die je bij de proef hebt gebruikt. Je hebt één thermometer met een wit gekleurd reservoir.

a Kleur ditzelfde stuk bij een thermometer geel.
b Kleur bij de andere thermometer het zwartgemaakte reservoir zwart.
c Zet met een blauwe pen een pijltje bij de begintemperaturen van de twee thermometers.
d Zet ook een blauw pijltje bij de eindtemperaturen van de twee thermometers.
e Kleur de stukjes temperatuurstijging in de thermometers rood.



figuur 10 Twee thermometers.

2 Waardoor krijgt een voorwerp een hogere temperatuur?

- ○ A doordat het voorwerp warmte afstaat
- ○ B doordat het voorwerp warmte opneemt

3 Door welke manier van warmtetransport komt de meeste warmte van de lamp bij de thermometer?

- ○ A door geleiding
- ○ B door straling
- ○ C door stroming

4 Welke thermometer werd het warmst?

- ○ A de witte thermometer
- ○ B de zwarte thermometer
- ○ C Er is geen verschil tussen de twee thermometers.

5 Welke kleur neemt de meeste stralingswarmte op?

- ○ A wit en zwart evenveel
- ○ B wit
- ○ C zwart

Conclusie

6 *WITTE* / *ZWARTE* oppervlakken nemen meer straling op dan lichtgekleurde oppervlakken.

- Ruim alles netjes op.

11 Wanneer straalt een voorwerp warmte uit?
Als het voorwerp *KOUDER* / *WARMER* is dan zijn omgeving.

12 Een andere naam voor warmtestraling is ....

13 Voor welke soort warmtetransport is geen tussenstof nodig?
- ○ A geleiding
- ○ B straling
- ○ C stroming

14 Schrijf twee stoffen op die infrarode straling doorlaten.

....

....

15 Een zwarte en een witte doos staan in de zon. De dozen staan naast elkaar.
Welke doos wordt het warmst?
- ○ A Beide dozen worden even warm.
- ○ B De witte doos wordt het warmst.
- ○ C De zwarte doos wordt het warmst.

16 Een witte en een zwarte auto staan naast elkaar op een parkeerplaats. De zon schijnt.

a In de *WITTE* / *ZWARTE* auto wordt het warmer dan in de *WITTE* / *ZWARTE* auto.

b Waarom wordt het in die auto het warmst?

....

....

....

17 Waarom kun je in de zomer beter lichtgekleurde kleding dragen dan zwarte kleding?

....

....

....

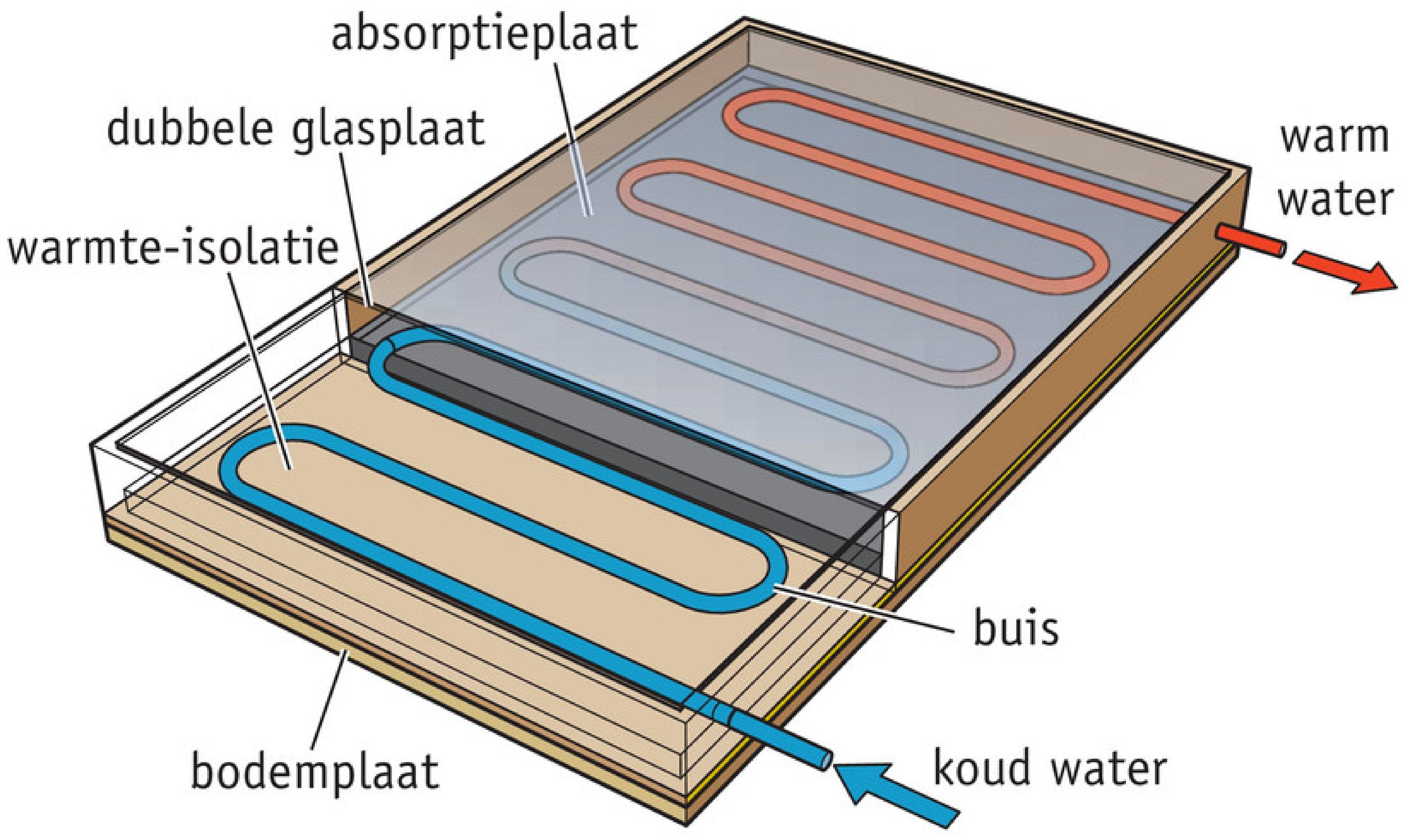
18 Waarom zijn de huizen in warme landen meestal wit van kleur?

....

....

19 Zonneboilers ontvangen warmte van de zon via een collector (figuur 11).

Welke kleur is het meest geschikt voor een zonnecollector? ....



figuur 11 Een zonnecollector.

20 Bekijk tabel 2. Geef bij elke zin aan hoe de warmte wordt getransporteerd.
Zet een kruisje in de juiste kolom. Er kunnen meer kruisjes achter een zin staan.

tabel 2 Hoe wordt de warmte getransporteerd?

	straling	stroming	geleiding
Warme lucht stijgt op boven een radiator.			
Anne en Henk zitten dicht bij de kachel.			
De punt van een soldeerbout wordt warm.			
Het water in een pan gaat koken.			
Een zonnecollector ontvangt zonnewarmte.			
De buitenkant van een radiator wordt warm.			
Een radiator verwarmt de kamer.			

Werken als monteur werktuigkundige installaties beroep

Derk-Jan is bezig met het plaatsen van een nieuwe cv-ketel in het huis van de familie Van Loon. Met zo'n klus is hij bijna een hele dag bezig. Hij moet zorgen dat alle buizen op de juiste plek zijn aangesloten. Hiervoor moet hij pijpen buigen, solderen en koppelingen plaatsen.



Derk-Jan: "Het mooie van dit beroep is dat je een band met de klanten opbouwt. Bij de familie Van Loon kom ik nu al vijf jaar. Ik geef ieder jaar de cv-ketel een onderhoudsbeurt. Als er een storing is, kom ik langs. En nu hang ik een nieuwe cv-ketel op, omdat de oude versleten is."

21 Lees de tekst 'Werken als monteur werktuigkundige installaties'.
Als Derk-Jan de cv-ketel heeft opgehangen, wil hij hem testen. Hij zet de cv-ketel aan. Hij voelt aan een van die pijpen. De pijp is warm.

Welke soort warmtetransport gebruikt Derk-Jan als hij aan de leiding voelt? ....

ONTHOUD

Drie soorten van warmtetransport zijn:
- geleiding;
- stroming;
- straling.

Bij geleiding verplaatst de warmte zich door een vaste stof.
- Een warmtegeleider geeft warmte goed door. Metalen zijn goede warmtegeleiders.
- Een isolator laat warmte niet of slecht door. Kunststof, hout, glas, wol en lucht zijn isolatoren.

Bij stroming verplaatst de warmte zich doordat lucht of een vloeistof beweegt.

Bij straling verplaatst de warmte zich door de lucht, door glas of door een lege ruimte.
- Warmtestraling is infrarode straling.
- Voor straling is geen tussenstof nodig.
- Donkergekleurde oppervlakken nemen meer straling op dan lichtgekleurde oppervlakken.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf.*

6 Isolatie

LEERDOELEN

6.6.1 Je kunt beschrijven op welke drie manieren warmteverlies bij een huis ontstaat.
6.6.2 Je kunt beschrijven hoe je warmteverlies kunt tegengaan.
6.6.3 Je kunt de werking van warmte-isolerende maatregelen uitleggen.
6.6.4 Je kunt de voordelen van isolatie uitleggen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN			
	6.6.1	6.6.2	6.6.3	6.6.4
Onthouden	1, 2, 3, 4	5, 8		
Begrijpen	11	6, 9, 10, 15abc		7
Toepassen		14	13abc	
Analyseren			12, 15d	16

Elektriciteit en aardgas voor de verwarming moet je betalen aan het energiebedrijf. Als je minder gebruikt, betaal je ook minder. Door te isoleren kun je thuis minder elektriciteit en aardgas verbruiken.

WARMTEVERLIES

In figuur 1 zie je een warmtebeeld van een huis. Op deze foto zie je de infrarode straling die uit het huis komt. Dit is de warmte die het huis uitstraalt. Bij de lichte plaatsen straalt het huis veel warmte uit. Bij de donkere plaatsen is er weinig warmtestraling.



figuur 1 Een warmtebeeld van een huis.

Op de foto zie je dat vooral de ramen veel warmtestraling uitzenden, want deze zijn heel licht gekleurd. Hier gaat dus veel warmte naar buiten. De muren stralen minder warmte uit (oranje/rood). Uit het dak komt de minste warmtestraling (groen).

Warmte die naar buiten verdwijnt, noem je **warmteverlies**. Warmteverlies ontstaat op drie manieren:

- door geleiding;
- door straling;
- door stroming.

Veel warmte gaat door de ramen en muren naar buiten door geleiding. Ook het dak en de vloer geleiden de warmte naar buiten. Muren, ramen en daken die warmer zijn dan hun omgeving, stralen warmte uit. Zo verlaat warmte het huis ook door straling. Stromende lucht neemt warmte mee naar buiten. Lucht kan naar buiten stromen door kieren en door open ramen en deuren.

Het warmteverlies moet weer worden aangevuld om het binnen warm te houden. Daarom moet de cv-ketel telkens opnieuw gaan branden en wordt aardgas verbruikt.

1 Hoe noem je de warmte die uit een huis naar buiten verdwijnt? ....

2 Op welke drie manieren ontstaat warmteverlies?

....

....

....

3 Waar ontstaat in een huis warmteverlies door geleiding?

....

4 Waar ontstaat in een huis warmteverlies door stroming?

....

ISOLEREN

Als je minder aardgas gebruikt, hoef je ook minder te betalen. Zo kun je geld besparen. Het is ook beter voor het milieu om minder energie te gebruiken. Je bespaart aardgas door warmteverlies tegen te gaan. Daar zijn verschillende manieren voor.

Een goede manier om warmteverlies tegen te gaan, is **isoleren**. Om te isoleren gebruik je isolatiemateriaal. Isolatiemateriaal vermindert altijd één of meer soorten van warmtetransport.

GELEIDING VERMINDEREN

Lucht is een goede isolator. Lucht gaat warmteverlies door warmtegeleiding heel goed tegen. In goed isolerende isolatiematerialen zit altijd heel veel lucht.

In een **spouwmuur** wordt isolatiemateriaal verwerkt (figuur 2). De spouw is de ruimte tussen de binnenmuur en de buitenmuur. Door de isolatie verdwijnt minder warmte naar buiten.



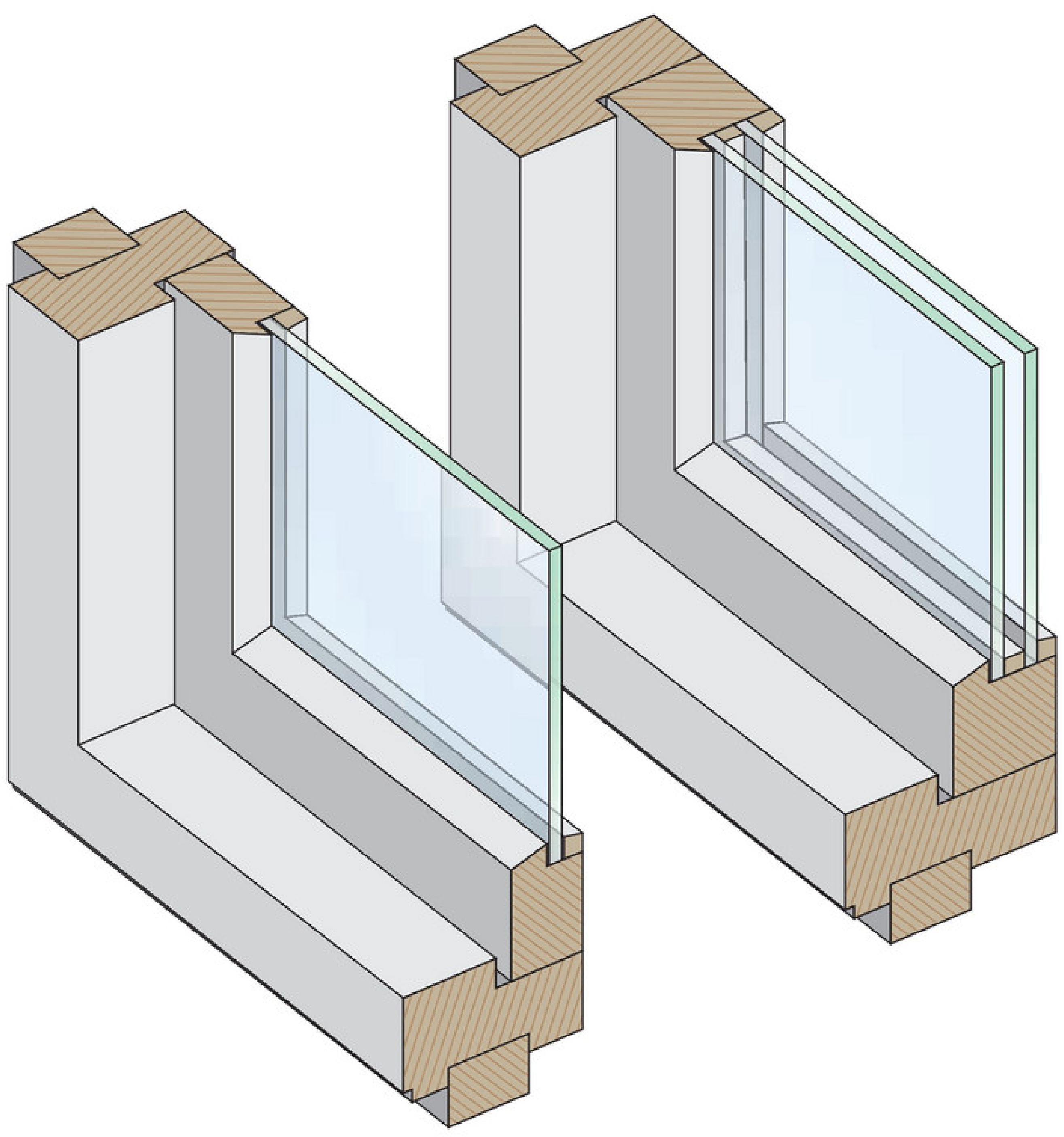
figuur 2 Isolatie van de spouwmuur met glaswol.

Veelgebruikte isolatiematerialen zijn:

- glaswol en steenwol;
- noppenfolie;
- isolatieschuim en piepschuim.

Hoe dikker je het isolatiemateriaal maakt, hoe beter de isolatie is.

Warmteverlies door de ramen kun je tegengaan met **dubbelglas**. Enkelglas is dun, waardoor de warmte gemakkelijk naar buiten kan verdwijnen. In dubbelglas zit een isolerende laag lucht of gas (figuur 3). Deze laag lucht voorkomt dat de warmte door geleiding naar buiten verdwijnt.



figuur 3 Enkelglas en dubbelglas.

PROEF 1 EEN RUIMTE ISOLEREN

40 minuten

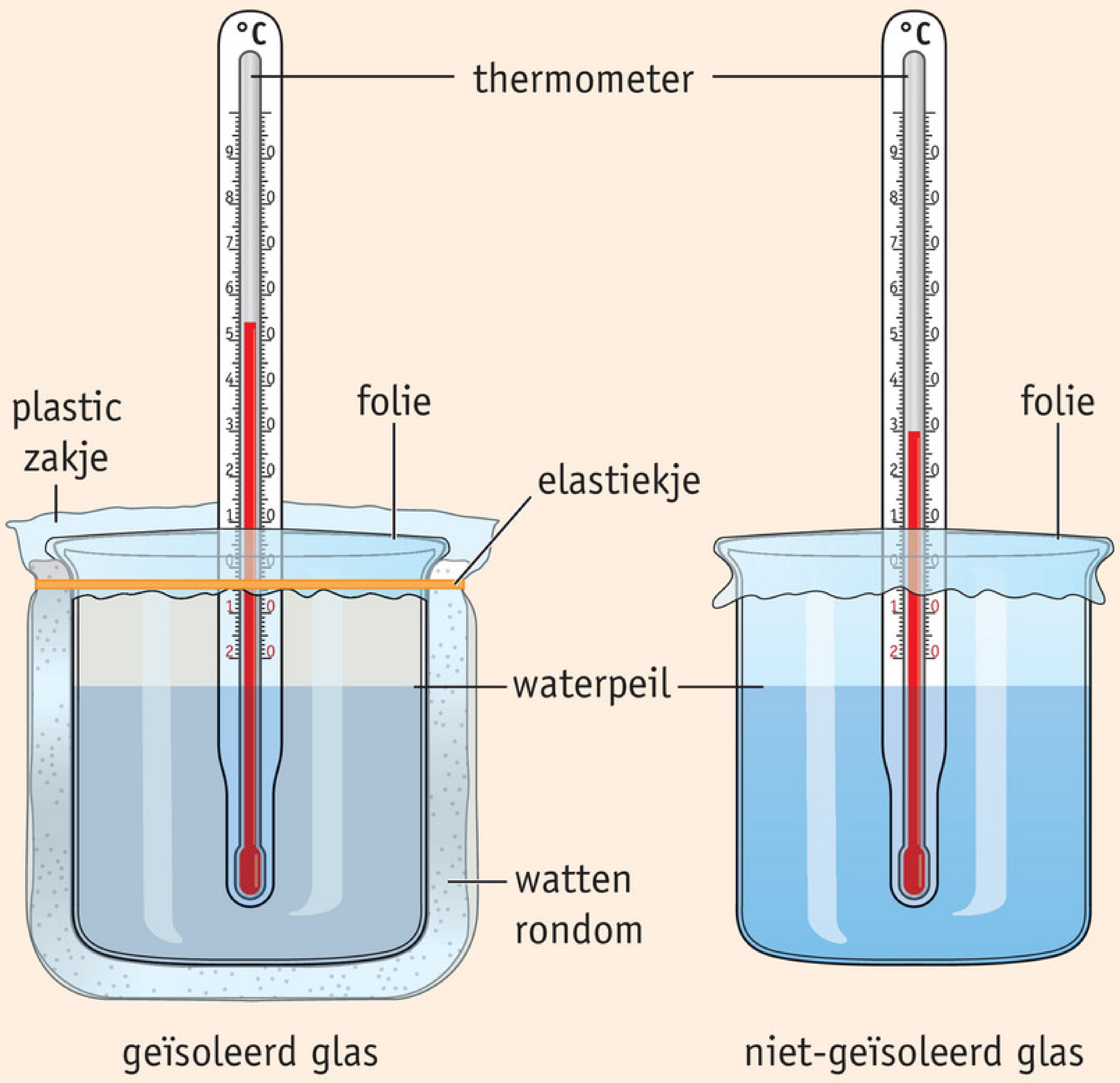
Wat je nodig hebt

- ☐ 2 bekerglazen van 200 mL
- ☐ plastic zakje
- ☐ pak watten
- ☐ elastiekje
- ☐ bekerglas van 600 mL
- ☐ brander
- ☐ doosje lucifers
- ☐ 2 thermometers
- ☐ rol huishoudfolie
- ☐ warm water
- ☐ stopwatch of horloge
- ☐ kleurpotloden

Uitvoering

- Pak één bekerglas van 200 mL. Je gaat dit bekerglas isoleren.
- Haal enkele lange watten uit het pak.
- Vouw dit om het bekerglas heen, zie figuur 4.
- Zorg ervoor dat de watten goed om het bekerglas zitten.
- Doe voorzichtig het plastic zakje eromheen en zet dit vast met het elastiekje. Het bekerglas is nu geïsoleerd.

- Doe 400 mL water in het bekerglas van 600 mL.
- Verwarm met de brander het water in het bekerglas totdat het kookt.
- Vul beide bekerglazen met 150 mL warm water. Opgelet! Je werkt met kokend water.
- Maak de bovenkant dicht met folie.
- Steek voorzichtig de thermometers door het folie (figuur 4).
- Lees de temperatuur van beide thermometers af.
- Zet de stopwatch aan.
- Lees na 1 minuut de temperatuur op de thermometers af.



figuur 4 De opstelling van proef 1.

1 Schrijf de begintemperatuur van de twee thermometers in tabel 1 in de juiste kolom.
Lees elke minuut de temperatuur van het water af.
Schrijf de temperatuur op de juiste plaats in de tabel.

tabel 1 Temperatuur van het water in de bekerglazen.

tijd	temperatuur water in geïsoleerd bekerglas (°C)	temperatuur water in niet-geïsoleerd bekerglas (°C)
begin		
na 1 minuut		
na 2 minuten		
na 3 minuten		
na 4 minuten		
na 5 minuten		
na 6 minuten		
na 7 minuten		
na 8 minuten		
na 9 minuten		
na 10 minuten		

2 De begintemperatuur is bij elke beker *WEL* / *NIET* ongeveer hetzelfde.

- Lees steeds na 1 minuut weer de temperatuur af van beide thermometers.
- Schrijf elke temperatuur in tabel 1.

3 In de twee bekerglazen is de temperatuur na 10 minuten *HOGER* / *LAGER* dan de begintemperatuur.

4 In welk bekerglas was de temperatuur na 10 minuten het laagst?
○ A in het geïsoleerde bekerglas
○ B in het niet-geïsoleerde bekerglas

5 De watten hebben de warmte *WEL* / *NIET* vastgehouden.
De watten hebben *WEL* / *NIET* een isolerende werking.

6 Een geïsoleerde ruimte houdt de warmte *WEL* / *NIET* langer vast.

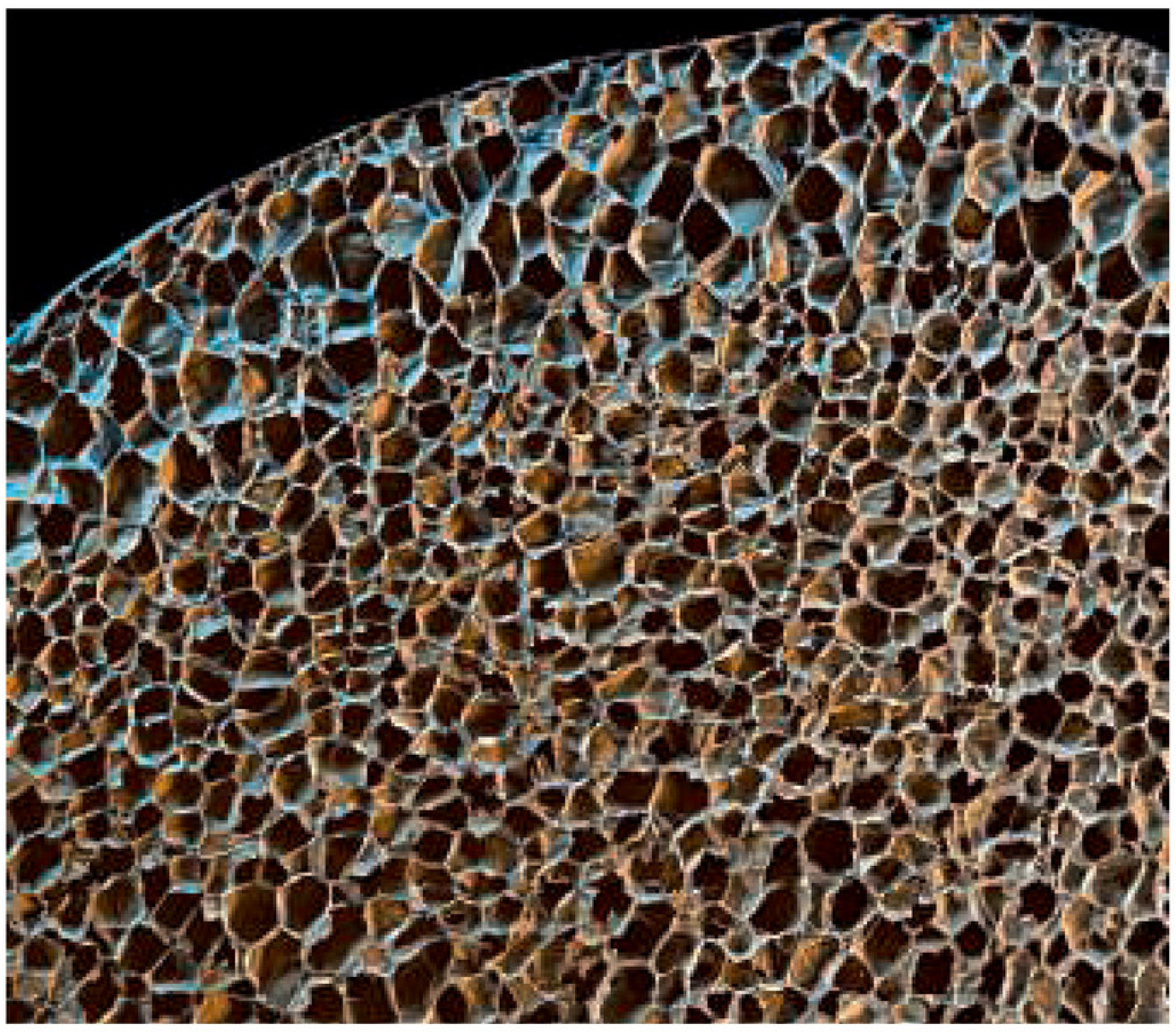
Conclusie
Door isolatie blijft een ruimte langer warm.

- Ruim alles netjes op.

STROMING VERMINDEREN

Een voordeel van isolatiematerialen zoals piepschuim en steenwol is dat ze warmtetransport door stroming tegengaan. De lucht zit in deze materialen opgesloten in kleine holtes (figuur 5). Hierdoor is stroming van lucht niet mogelijk.

Warmteverlies door stroming kun je ook tegengaan met **tochtstrips**. Met een tochtstrip plak je kieren bij ramen en deuren dicht. Hierdoor gaat de lucht in de kamer minder bewegen en verdwijnt minder warme lucht van binnen naar buiten.



figuur 5 Zo ziet een korrel piepschuim er van binnen uit.

STRALING VERMINDEREN

Een radiator die voor een muur hangt geeft zijn straling af aan de kamer, maar ook aan de muur. Hierdoor wordt niet alleen de kamer warm, maar ook de muur. Je kunt isolatiemateriaal tussen de radiator en de muur aanbrengen, maar dat heeft niet veel zin. Ook het isolatiemateriaal wordt warm door de straling. Beter is het om de warmtestraling te weerkaatsen. Dit doe je met een spiegelend oppervlak.

Achter de radiator in figuur 6 is glimmende radiatorfolie geplakt. Hierdoor weerkaatst de folie de warmte de kamer in. De muur wordt zo veel minder warm en de kamer juist warmer.



figuur 6 Isoleren met radiatorfolie.

Het weerkaatsen van warmte wordt ook gebruikt bij dubbel hr++ glas en drievoudig hr+++ glas. Op dit glas zit een speciale reflecterende laag. De isolatiewaarde van deze soorten glas is nog beter dan die van dubbelglas.

U-WAARDE

Verschillende isolatiematerialen hebben een verschillende *U*-waarde. De ***U*-waarde** geeft aan hoe goed een materiaal isoleert. Hoe lager de *U*-waarde, hoe beter het materiaal isoleert.

5 Isoleren doe je om .... tegen te gaan.

6 De vader van Abdel laat zijn huis isoleren.
Waarom doet hij dat?
De warmte blijft dan in de winter *LANGER* / *KORTER* in het huis.

7 Door goede isolatie van je huis slaat de cv-ketel minder vaak aan.
Dan gebruikt je cv-ketel *MEER* / *MINDER* aardgas.
Hierdoor kun je *WEL* / *NIET* geld besparen.

8 Schrijf vier materialen op die je kunt gebruiken om een huis te isoleren.

....

....

....

....

9 Een goede isolator laat *GOED* / *SLECHT* warmte door.

10 Schrijf twee manieren op om warmteverlies door de ramen te verkleinen.

....

....

11 Welke twee soorten warmteverlies gaat hr++ glas tegen?

....

....

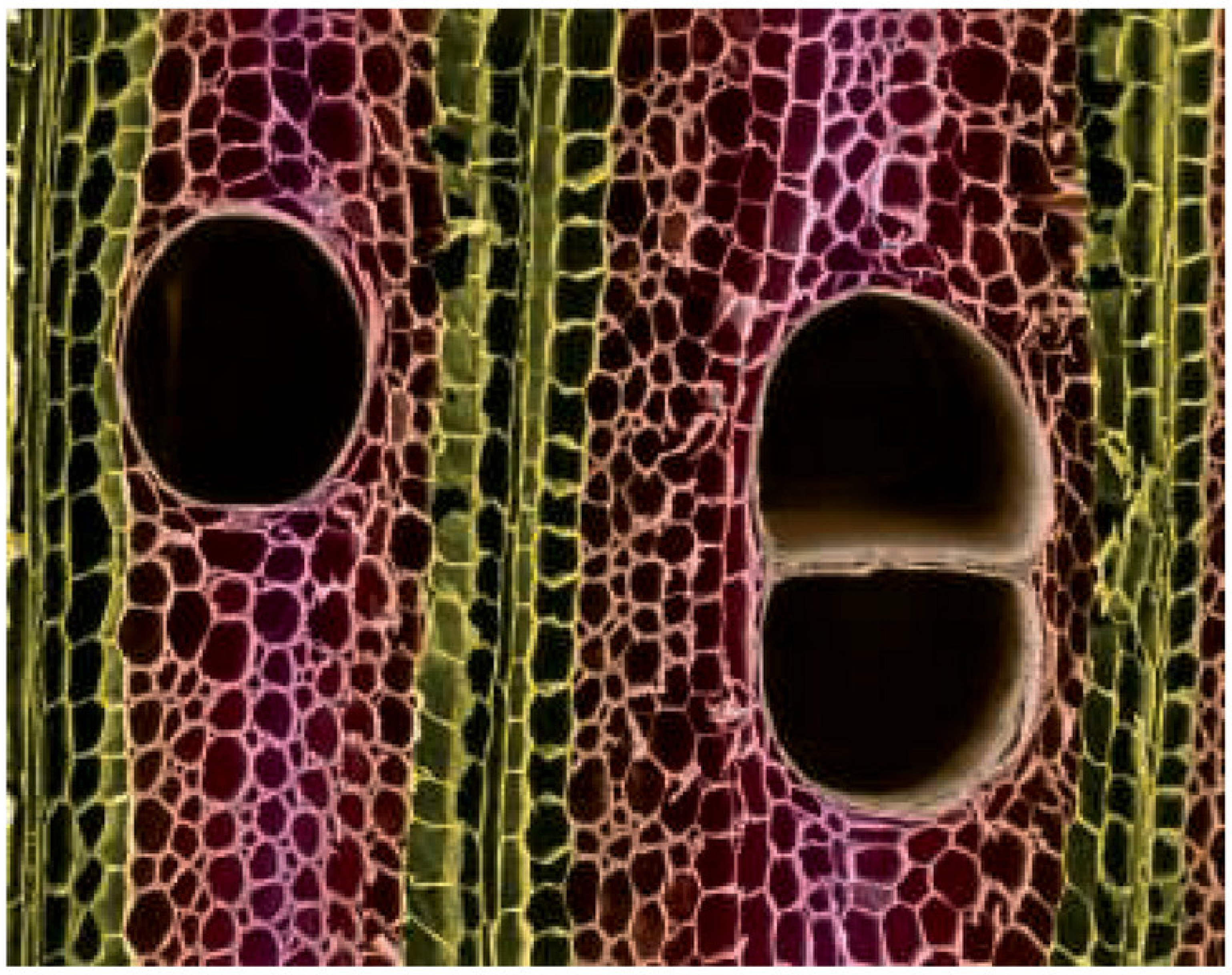
★ 12

Een steelpan heeft vaak een houten handvat. Dit doen fabrikanten van pannen, omdat hout een goede isolator is. In figuur 7 zie je een microscopische foto van hout.
Leg uit waarom hout een goede isolator is.

....

....

....



figuur 7 Microscopische foto van hout.

★ 13

In een thermosfles blijft hete koffie lang warm en koele frisdrank lang koud. In figuur 8 zie je de verschillende onderdelen van een thermosfles.
Tussen de houder en de glazen wand is een vacuüm. Er is daar helemaal niets.

a Welke twee soorten warmtetransport worden door vacuüm verminderd?
- ☐ A geleiding
- ☐ B straling
- ☐ C stroming

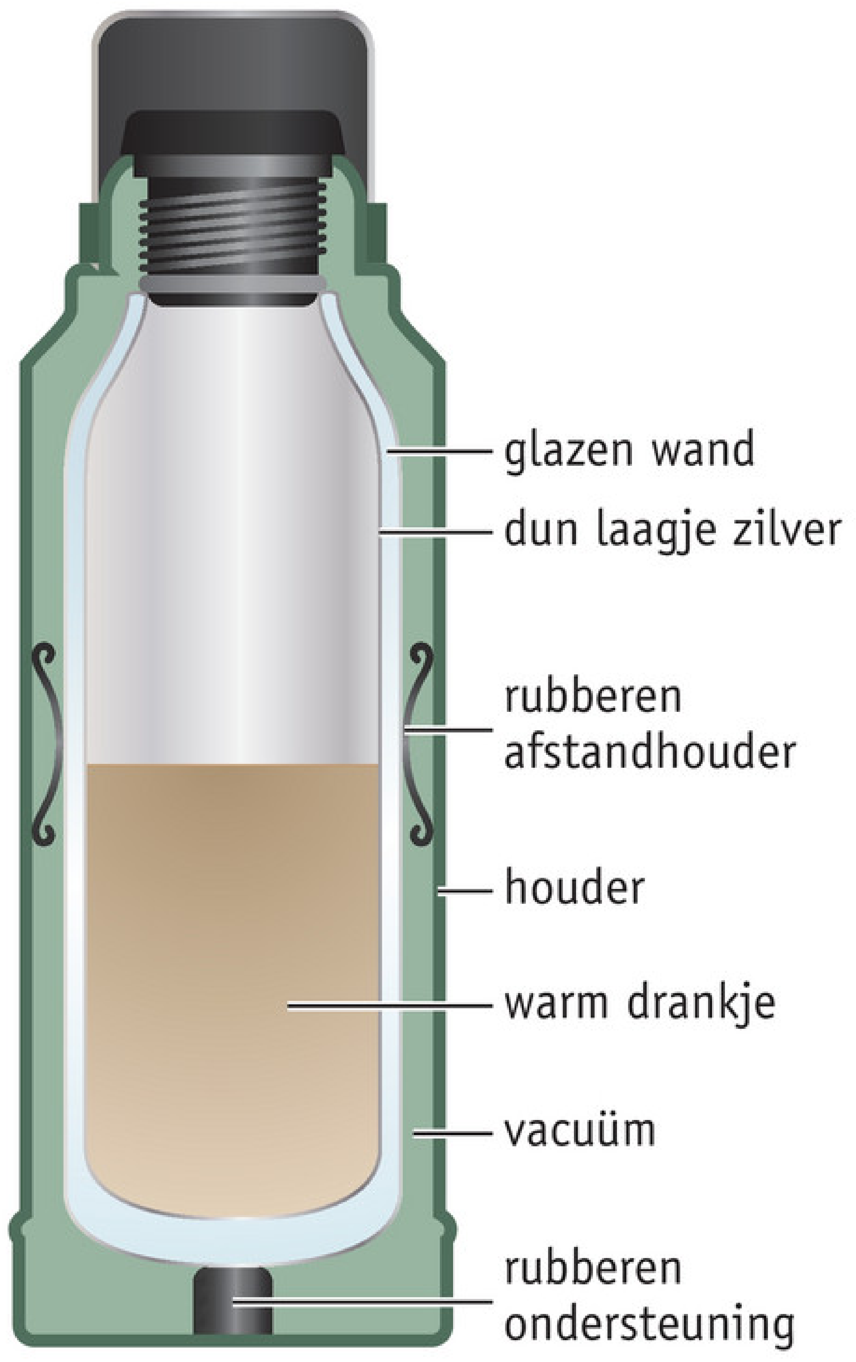
b De afstandshouders en ondersteuning zijn beide van rubber.
Leg uit waarom deze van rubber zijn gemaakt en niet van staal.

....

....

....

c Welke soort warmtetransport houden de dunne laagjes zilver op het glas tegen?
- ○ A geleiding
- ○ B straling
- ○ C stroming



figuur 8 Een thermosfles.

14

Hoe goed een constructie isoleert zie je aan de *U*-waarde. Hoe lager de *U*-waarde, hoe minder warmteverlies er is.
Vul in tabel 2 de *U*-waarde in. Gebruik *BINAS* tabel 18 *Isolatiewaarde van bouwelementen*.
Let op! De *U*-waarde (nieuwe naam) is hetzelfde als de *k*-waarde (oude naam).

tabel 2 De *U*-waarde van bouwconstructies.

constructie	*U*-waarde
enkelglas	
dubbelglas	
spouwmuur zonder isolatie	
spouwmuur met isolatie (50 mm dik)	
vloer zonder isolatie	
vloer met isolatie (50 mm dik)	
hellend dak zonder isolatie	
hellend dak met isolatie (80 mm dik)	

★ 15 Er worden steeds betere manieren gevonden om gebouwen te isoleren. In figuur 9 zie je verschillende soorten glas.

a Welke soort glas isoleert het slechtst? ....

b Welke soort glas isoleert het best? ....

c Glas met de laagste *U*-waarde geeft de *BESTE* / *SLECHTSTE* isolatie.

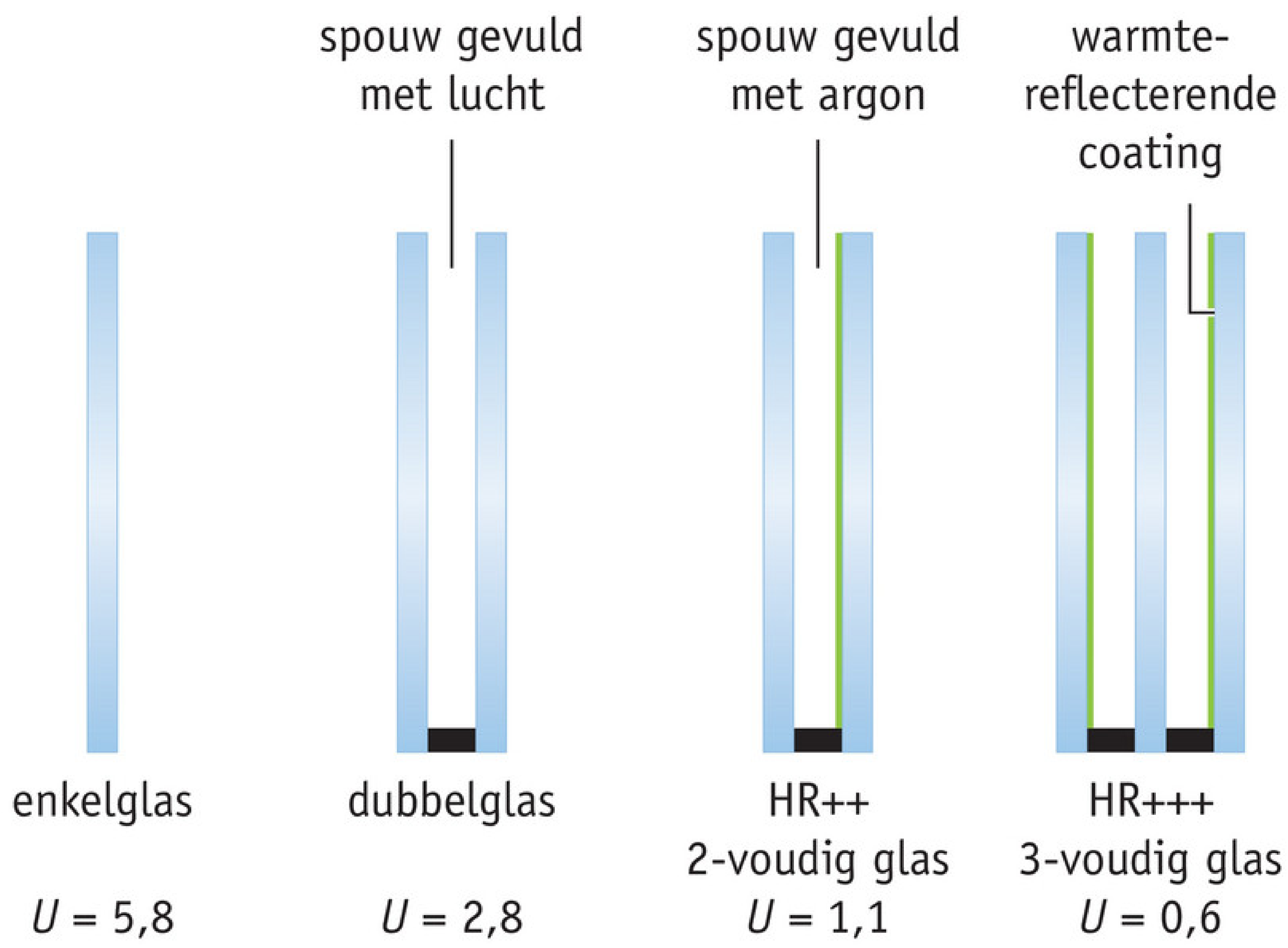
d Wat zou je kunnen doen om hr+++ glas nog beter isolerend te maken?

....

....

....

....



figuur 9 Vier soorten glas.

16 Isoleren bespaart kosten. Schrijf nog minstens twee voordelen op van beter isoleren.

....

....

....

....

ONTHOUD

Warmteverlies is warmte die naar buiten verdwijnt.
Warmteverlies ontstaat op drie manieren:

- door geleiding;
- door straling;
- door stroming.

Als je warmteverlies tegengaat, kun je geld besparen. Het is ook beter voor het milieu om minder energie te gebruiken.

Manieren om warmteverlies tegen te gaan zijn:

- isoleren met glaswol, steenwol, noppenfolie en piepschuim;
- dubbelglas;
- tochtstrips;
- radiatorfolie.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten* en test je kennis met de *Test jezelf*.

Leerstofoverzicht

6.1 ENERGIE-OMZETTING

ONTHOUD

- Warmtebronnen geven warmte af. Ze werken op elektriciteit of op brandstof.
- Er zijn verschillende soorten energie:
  - bewegingsenergie;
  - chemische energie;
  - elektrische energie;
  - licht;
  - warmte.
- Je spreekt van een energie-omzetting als de ene soort energie wordt omgezet in een andere soort energie.
- Een energie-omzetting kun je weergeven in een schema.

BEGRIPPEN

bewegingsenergie
Energie die bewegende voorwerpen hebben.

chemische energie
Energie die zit opgeslagen in brandstoffen.

elektrische energie
Energie die uit een stopcontact of batterij komt.

energie-omzetting
De ene soort energie verandert in een andere soort energie.

warmte
Soort energie.

warmtebron
Voorwerp dat warmte afgeeft.

6.2 ELEKTRISCHE ENERGIE OPWEKKEN

ONTHOUD

- In een elektriciteitscentrale wordt elektrische energie opgewekt.
- Werking van een elektriciteitscentrale:
  - Verbranding van brandstoffen in de stoomketel.
  - Door de warmte verandert water in de buizen in stoom. De stoom blaast tegen schoepen van een turbine die is verbonden met de generator.
  - De generator draait en wekt elektrische energie op.
  - De elektrische energie gaat via hoogspanningskabels naar woningen en bedrijven.
  - De stoom koelt af en wordt weer water. Dit water wordt terug naar de stoomketel gepompt. Een koeltoren helpt mee het water af te koelen.
- In een elektriciteitscentrale ontstaan bij de verbranding van fossiele brandstoffen rookgassen met schadelijke stoffen. Voorbeelden hiervan zijn zwavelgassen, stikstofgassen en koolstofdioxide.
- Door zwavelgassen en stikstofgassen ontstaat zure regen.
- De uitstoot van koolstofdioxide draagt bij aan het versterkte broeikaseffect, waardoor het warmer wordt op aarde.

- Duurzame energiebronnen raken niet op en zijn minder schadelijk voor het milieu dan fossiele brandstoffen.
- Voorbeelden van duurzame energiebronnen zijn biomassa, wind, zon en water.
- Elektrische energie die is opgewekt met duurzame energiebronnen heet groene stroom.
- Biomassa is afval van planten en mest van dieren. Biomassa wordt gebruikt als brandstof.
- Een windturbine zet windenergie om in elektrische energie.
- Een zonnepaneel zet zonlicht om in elektrische energie.
- Een waterkrachtcentrale zet bewegingsenergie uit water om in elektrische energie.

BEGRIPPEN

biomassa
Afval van planten en mest van dieren.

duurzame energiebron
Energiebron die niet opraakt en minder schadelijk is voor het milieu.

dynamo
Apparaat dat bewegingsenergie omzet in elektrische energie.

generator
Apparaat dat bewegingsenergie omzet in elektrische energie.

groene stroom
Elektrische energie die met duurzame energiebronnen is opgewekt.

koeltoren
Toren waarin de temperatuur van water wordt verlaagd.

koolstofdioxide
Schadelijk gas dat vrijkomt bij verbranding van fossiele brandstoffen.

stikstofgas
Schadelijk gas dat vrijkomt bij verbranding van fossiele brandstoffen.

stoomketel
Ketel waarin fossiele brandstoffen worden verbrand, waardoor water in stoom verandert.

turbine
Rad met schoepen.

versterkt broeikaseffect
Warmer worden van de aarde door de uitstoot van steeds meer koolstofdioxide.

waterkrachtcentrale
Centrale waarin bewegingsenergie van water wordt omgezet in elektrische energie.

windturbine
Technische naam voor een windmolen.

zonne-energie
Duurzame energie die afkomstig is van de zon.

zonnepaneel
Zet lichtenergie van de zon om in elektrische energie.

zwavelgas
Schadelijk gas dat vrijkomt bij verbranding van fossiele brandstoffen.

6.3 TEMPERATUUR

ONTHOUD

- Er zijn verschillende soorten thermometers.
  - Een vloeistofthermometer heeft een reservoir, een stijgbuis en een schaalverdeling.
  - In een elektronische thermometer zit een sensor die reageert op veranderingen in temperatuur.
- De Celsiusschaal is de schaalverdeling van een thermometer in graden Celsius.
- Temperatuur meet je in graden Celsius of in kelvin.
- Het absolute nulpunt is de laagste temperatuur die mogelijk is. Deze is 0 K of −273 °C.
- Om de temperatuur om te rekenen van graden Celsius naar kelvin gebruik je de formule:
  temperatuur in kelvin = temperatuur in graden Celsius + 273
- Om van kelvin naar graden Celsius te rekenen, gebruik je de formule:
  temperatuur in graden Celsius = temperatuur in kelvin − 273

BEGRIPPEN

absolute nulpunt
Laagste temperatuur die kan worden bereikt.

bimetaal
Twee strips van verschillende metalen die stevig aan elkaar zijn verbonden.

Celsiusschaal
Schaalverdeling van een thermometer in graden Celsius.

elektronische thermometer
Thermometer met een sensor die reageert op veranderingen in temperatuur.

kelvin
Eenheid van temperatuur.

reservoir
Verdikking onder aan de stijgbuis waarin een voorraad vloeistof zit. Onderdeel van een vloeistofthermometer.

schaalverdeling
Deelstreepjes op een instrument, zoals een thermometer.

stijgbuis
Zeer smalle buis waarin een vloeistof kan bewegen. Onderdeel van een vloeistofthermometer.

thermometer
Instrument waarmee je de temperatuur kunt meten.

vloeistofthermometer
Thermometer met een reservoir, stijgbuis en een schaalverdeling.

6.4 TEMPERATUUR EN MOLECULEN

ONTHOUD

- Elke stof kan voorkomen in drie verschillende fasen: vast, vloeibaar en gas.
  - De moleculen in een vaste stof hebben een eigen, vaste plaats. Ze bewegen op die vaste plaats heel snel heen en weer. De aantrekkingskracht tussen de moleculen is groot.
  - De moleculen in een vloeistof bewegen langs en door elkaar heen. Ze hebben geen vaste plaats meer, maar de aantrekkingskracht tussen de moleculen is nog wel groot genoeg om ze bij elkaar te houden.
  - De moleculen van een gas bewegen los van elkaar door de ruimte waar het gas in zit. De onderlinge aantrekkingskracht tussen de moleculen is erg klein en de moleculen kunnen grote afstanden afleggen.
- Smelten, verdampen, condenseren en stollen zijn fase-overgangen.
- Om een stof te smelten of te verdampen is energie nodig.
- Als een stof condenseert of stolt, komt er energie vrij.
- Een kleine hoeveelheid water warmt sneller op dan een grote hoeveelheid water als de toegevoerde energie gelijk is.

BEGRIPPEN

condenseren
Fase-overgang van gas naar vloeistof.

fase-overgang
Overgaan van de ene fase in een andere fase.

smelten
Fase-overgang van vast naar vloeibaar.

stollen
Fase-overgang van vloeibaar naar vast.

verdampen
Fase-overgang van vloeistof naar gas.

6.5 WARMTETRANSPORT

ONTHOUD

- Warmtetransport is verplaatsing van warmte.
- Drie soorten van warmtetransport zijn:
  - geleiding;
  - stroming;
  - straling.
- Bij geleiding verplaatst de warmte zich door een vaste stof.
  - Een warmtegeleider geeft warmte goed door. Metalen zijn goede warmtegeleiders.
  - Een isolator laat warmte niet of slecht door. Kunststof, hout, glas, wol en lucht zijn isolatoren.
- Bij stroming verplaatst de warmte zich doordat lucht of een vloeistof gaat bewegen.
- Bij straling verplaatst de warmte zich door de lucht, door glas of door een lege ruimte.
  - Warmtestraling is infrarode straling.
  - Voor straling is geen tussenstof nodig.
  - Donkergekleurde oppervlakken nemen meer straling op dan lichtgekleurde oppervlakken.

BEGRIPPEN

geleiding
Warmtetransport door vaste stoffen.

infrarode straling
Stralingswarmte.

isolator
Stof die warmte minder goed geleidt.

straling
Warmtetransport door het uitzenden van infrarode straling.

stroming
Warmtetransport door beweging van een gas of een vloeistof.

tussenstof
Stof die nodig is voor verplaatsing van warmte door geleiding of stroming.

vacuüm
Lege ruimte waar geen lucht in zit.

warmtegeleider
Stof die warmte goed geleidt.

warmtetransport
Verplaatsing van warmte.

6.6 ISOLATIE

ONTHOUD

- Warmteverlies is warmte die naar buiten verdwijnt.
- Warmteverlies ontstaat op drie manieren:
  - door geleiding;
  - door straling;
  - door stroming.
- Als je warmteverlies tegengaat, kun je geld besparen. Het is ook beter voor het milieu om minder energie te gebruiken.
- Manieren om warmteverlies tegen te gaan zijn:
  - isoleren met glaswol, steenwol, noppenfolie en piepschuim;
  - dubbelglas;
  - tochtstrips;
  - radiatorfolie.

BEGRIPPEN

dubbelglas
Twee glasplaten met een isolerende laag lucht ertussen.

isoleren
Warmteverlies tegengaan door gebruik van isolatiemateriaal.

spouwmuur
Binnenmuur en buitenmuur met een ruimte met lucht ertussen.

tochtstrip
Een strip van rubber of kunststof waarmee je kieren bij ramen en deuren afdicht.

***U*-waarde**
De *U*-waarde geeft aan hoe goed een materiaal isoleert. Hoe lager de *U*-waarde, hoe beter het materiaal isoleert.

warmteverlies
Warmte die uit een gebouw verdwijnt.

Register

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEURS
S. Michon
J. van Gemert
T. Jacobs
T. Seynaeve

TECHNISCH TEKENWERK
Erik Eshuis Infographics, Groningen, Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam

BEELDVERANTWOORDING
123RF/Alexander Mazurkevich : Pag. 141 (b.); 123RF/Dmitriy Larichev: Pag. 141 (m.o.); 123RF/fotobobstock: Pag. 14 (r.o.); 123RF/Kyoungil Jeon : Pag. 141 (o.); 123RF/kzenon: Pag. 185 (l.); 123RF/Martin Hatch: Pag. 74/75; 123RF/Mikael Damkier: Pag. 12 (l.); 123RF/morris71: Pag. 67; 123RF/Patrick Bombaert: Pag. 141 (m.b.); 123RF/Pavel Lipskiy: Pag. 140; 123RF/Saskia Massink : Pag. 153 (b.); 123RF/sports: Pag. 101 (m.); 123RF/Tyler Olson: Pag. 6/7; ANP Foto/Hollandse Hoogte/Flip Franssen: Pag. 95; ANP Foto/Hollandse Hoogte/Pim Ras: Pag. 79; ANP Foto/Hollandse Hoogte/Science Photo Library/Dennis Kunkel: Pag. 198; ANP Foto/Hollandse Hoogte/Science Photo Library/Stefan Dillar: Pag. 196 (b.); ANP Foto/Hollandse Hoogte/SCS/Sander Chamid: Pag. 90; Dreamstime/Jovan Svorcan: 15; Dreamstime/Mellisandre: Pag. 97 (b.); Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 160, 162 (l.o.), 19, 21 (l.o.), 21 (r.o.), 22 (b.), 22 (m.), 22 (o.), 23 (b.), 23 (o.), 24 (b.), 24 (m.), 24 (o.), 25 (m.), 25 (o.), 26 (b.), 25 (b.), 26 (m.), 26 (o.), 27 b.), 27 (m.), 27 (o.), 28 (b.), 28 (m.), 28 (o.), 29 (b.), 29 (m.b.), 29 (m.o.), 30 (b.), 30 (m.), 29 (o.), 30 (o.), 33, 34, 38, 40, 41 (l.), 41 (m.), 41 (r.), 42, 45 (b.), 46, 48 (l.), 48 (m.), 48 (r.), 49 (o.), 51 (b.), 51 (o.), 53 (r.), 55 (l.o.), 55 (r.o.), 56 (b.), 56 (o.), 57 (b.), 57 (l.o.), 57 (r.o.), 58, 59, 60 (b.), 60 (o.), 62 (l.), 62 (r.), 63 (o.), 65 (b.), 65 (o.), 81 (b.); FLPA/Nature in Stock/Roger Tidman: Pag. 83; Getty Images/Cultura RF/Mischa Keijser: Pag. 156; Imageselect/Alamy/AGStockUSA, Inc. : Pag. 63 (l.b.); Imageselect/Alamy/Roman Milert: Pag. 54; Imageselect/MAY/BSIP: Pag. 66 (o.); Imageselect/Westend61/F1online: Pag. 126 (r.o.); iStockphoto/Canetti: Pag. 193 (b.); iStockphoto/clu: Pag. 179 (l.); iStockphoto/FatCamera: Pag. 10; iStockphoto/MachineHeadz: Pag. 190; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 37 (b.), 55 (b.), 139, 143, 181, 186; Shutterstock/ KellyNelson: Pag. 53 (l.); Shutterstock/7th Son Studio: Pag. 63 (r.b.); Shutterstock/Alexandra Lande: Pag. 144 (r.b.); Shutterstock/alexkatkov: Pag. 14 (l.o.);

Shutterstock/Anna Berdnik: Pag. 66 (b.); Shutterstock/Annie Postma: Pag. 78 (b.); Shutterstock/Barry Blackburn: Pag. 162 (l.b.); Shutterstock/biDaala_studio: Pag. 162 (r.b.); Shutterstock/Bryan Neuswanger: Pag. 173 (b.); Shutterstock/Concept Photo: Pag. 179 (r.); Shutterstock/Dafinchi: Pag. 159 (o.); Shutterstock/Dafinchi: Pag. 76 (l.); Shutterstock/De Visu: Pag. 101 (o.); Shutterstock/Gavran333: Pag. 14 (b.); Shutterstock/Gokhan Dogan: Pag. 142 (b.); Shutterstock/Igor Karasi: Pag. 100 (b.); Shutterstock/Inked Pixels: Pag. 142 (o.); Shutterstock/Ivan Smuk: Pag. 191; Shutterstock/KHARCHENKO VLADIMIR: Pag. 154 (l.); Shutterstock/Kondor83: Pag. 176 (o.); Shutterstock/Krakenimages.com: Pag. 14 (m.); Shutterstock/Kumruen Jittima: Pag. 98 (b.); Shutterstock/lucarista: Pag. 123 (r.b.); Shutterstock/makuromi: Pag. 76 (r.); Shutterstock/Mauvries: Pag. 93; Shutterstock/maxim ibragimov: Pag. 144 (l.b.); Shutterstock/Minerva Studio: Pag. 61; Shutterstock/Mino Surkala: Pag. 82 (b.); Shutterstock/Monthira: Pag. 8; Shutterstock/Pachanatt Ounpitipong: Pag. 12 (r.); Shutterstock/Paul PPP: Pag. 78 (r.o.); Shutterstock/Peter Gudella: Pag. 78 (l.o.); Shutterstock/PHILIPIMAGE: Pag. 144 (o.); Shutterstock/Quality Stock Arts: Pag. 89; Shutterstock/Roelof Nijholt: Pag. 85; Shutterstock/Romariolen: Pag. 13 (r.); Shutterstock/sportpoint: Pag. 81 (o.); Shutterstock/T.W. van Urk: Pag. 152 (l.); Shutterstock/Tomasz Klejdysz: Pag. 91; Shutterstock/vkrosh: Pag. 144 (r.b.); Shutterstock/Volodymyr Burdiak: Pag. 82 (o.); Shutterstock/Yauhen_D: Pag. 101 (b.); Shutterstock/Yevhen Prozhyrko: Pag. 136/137; Shutterstock/Yevhen Prozhyrko: Pag. 196 (o.); Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam: Pag. 21 (b.), 37 (o.), 44, 45 (o.), 49 (b.), 86, 94, 97 (o.), 98 (o.), 99 (b.), 99 (o.), 100 (o.), 102 (b.), 102 (o.), 104, 105 (b.), 105 (o.), 106, 107, 108, 109 (b.), 109 (o.), 110 (b.), 110 (o.), 111 (b.), 111 (o.), 112, 114 (b.), 114 (m.), 114 (o.), 115, 116, 117 (b.), 117 (m.b.), 117 (m.o.), 117 (m.), 117 (o.), 118 (l.), 118 (r.), 119, 120, 123 (l.b.), 123 (o.), 124 (b.), 124 (o.), 125 (b.), 125 (o.), 126 (b.), 126 (l.o.), 127, 128 (b.), 128 (o.), 129, 131, 138, 147 (b.), 147 (o.), 148, 150, 152 (r.), 153 (o.), 154 (r.), 158, 159 (b.), 161, 162 (r.o.), 163, 167, 168 (b.), 168 (o.), 170, 171, 172, 173 (l.o.), 173 (r.o.), 176 (b.), 177, 180, 183 (o.), 184, 185 (r.), 187, 189, 194, 200; Tombow Pen & Pencil/www.tomboweurope.com: Pag. 13 (l.); Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem/Edwin Verbaal: Pag. 183 (b.), 193 (o.), 199

OMSLAG

Shutterstock/ altrendo images

ISBN 978 94 020 6904 4

Release 2021, eerste oplage

MALMBERG

Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.

Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.

Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEURS

S. Michon

J. van Gemert

T. Jacobs

T. Seynaeve

ISBN 978 94 020 6904 4

596164

MALMBERG